

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN-TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



INFORME DE INGENIERIA

**DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON
CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE TRAMO
BANDA DE SHILCAYO – LAS PALMAS**

PRESENTADO POR:

AUTOR : BACH. LUIS ALBERTO PINCHI VERGARA.

ASESOR : ING. RUBEN DEL AGUILA PANDURO.

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

MORALES - PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN-TARAPOTO

FACULTAD DE INGENIERÍA L Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

INFORME DE INGENIERIA

“DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE TRAMO BANDA DE SHILCAYO – LAS PALMAS”

BACH. LUIS ALBERTO PINCHI VERGARA

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

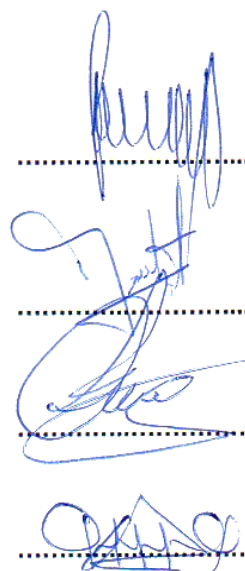
**SUSTENTADO Y APROBADO ANTE EL HONORABLE JURADO EL DÍA 30
DE JUNIO DEL 2004**

Presidente : Ing. DANIEL DÍAZ PÉREZ
(Autorizado con Resolución N° 752 – UNSM –D –NLU)

Secretario : Ing. M.Sc. ENRIQUE NAPOLEON MARTINEZ QUIROZ

Miembro : Ing. JUVENAL DIAZ AGIP

Asesor : Ing. M. Sc. RUBEN DEL AGUILA PANDURO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

Ciudad Universitaria-Distrito de Morales-Teléfono: 521402-Anexo 122

e.mail: fica@unsm.edu.pe

NUEVA LEY UNIVERSITARIA N°30220



Resolución N° 752-2017-UNSM/FICA-D-NLU

Morales, 04 de diciembre de 2017

Visto el Expediente N°2541-2017-UNSM-FICA, presentado por el Bachiller LUIS ALBERTO PINCHI VERGARA, donde solicita cambio de Miembro de Jurado.

CONSIDERANDO:

Que, la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, es una Institución Educativa Superior Descentralizada, autónoma, con personería de derecho público, orientado a la investigación y a la docencia, que brinda una formación humanista, científico y tecnológico con una clara conciencia de nuestro país como realidad multicultural. Adopta el concepto de educación con derecho fundamental y servicio público esencial. Está integrado por docentes y graduados.

Que, mediante Resolución N° 614-2016-UNSM-T/CU-R/NLU, de fecha 27 de diciembre del 2016 se designa al Ing. Daniel Díaz Pérez como Decano (e) de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto quien iniciará sus funciones a partir del 01 de enero al 31 de diciembre del 2017;

Que, las Facultades gozan de autonomía académica, económica y administrativa para el desarrollo de sus actividades;

Que con documento de fecha 01 de diciembre de 2017, presentado por el Bachiller LUIS ALBERTO PINCHI VERGARA, manifiesta que por tener la necesidad de contar con el Título Profesional de Ingeniero Civil, solicita nuevo miembro de Jurado para proseguir con los tramites, ya que en la actualidad el Miembro Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga, no se encuentra laborando en la Universidad Nacional de San Martín.

Que, con Resolución N° 671-2017-UNSM/CU-R/NLU, de fecha 19 de setiembre del 2017, el Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga, fue sancionado con cese temporal en el cargo de docente Principal de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la UNSM-T, por el lapso de doce (12) meses sin goce de remuneraciones y otros derechos, cuyo plazo ya viene cumpliendo a partir del 08 de junio del año en curso.

Que, en uso de las atribuciones conferidas por la Resolución N° 614-2016-UNSM-T/CU-R/NLU, la Nueva Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto.

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Autorizar al Ing. DANIEL DÍAZ PÉREZ firmar en los documentos como: Prácticas Pre Profesionales, Informes de Ingeniería, Perfil de Proyecto de Tesis y Proyecto de Tesis que estén vinculados al Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga, a partir del 01 al 31 de diciembre de 2017, por estar sancionado con cese temporal en el cargo de docente Principal de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la UNSM-T, por el lapso de doce (12) meses sin goce de remuneraciones y otros derechos, cuyo plazo ya viene cumpliendo a partir del 08 de junio del año en curso según Resolución N° 671-2017-UNSM/CU-R/NLU, de fecha 19 de setiembre del 2017.

Regístrese, Comuníquese y Archívese.



Ing. DANIEL DÍAZ PÉREZ
Decano (e)



Ing. M.Sc. VÍCTOR EDUARDO SAMAMÉ ZATTA
Secretario Académico



Universidad Nacional de San Martín T
Tarapoto
15 DIC. 2017
ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

Ing. M.Sc. Jorge Damían Valverde Iparraguirre
SECRETARIO GENERAL

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	PINCHI VERGARA LUIS ALBERTO		
Código de alumno :	93-156	Teléfono:	999080416
Correo electrónico :	lualpive@hotmail.com	DNI:	01135009

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
Escuela Académico Profesional de:	INGENIERIA CIVIL

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	()	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()	INFORME DE INVESTIGACIÓN	

4. Datos del Trabajo de investigación

Título :	DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE TRAMO BOA DE SHILCAYO - LAS PALMAS
Año de publicación:	2017

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia CREATIVE COMMONS

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "**Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA**".



Firma del Autor

8. Para ser llenado por la Biblioteca central

Fecha de recepción del documento por el Sistema de Bibliotecas:

21 / 12 / 2017



Firma de Unid. de Biblioteca

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**** Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

DEDICATORIAS

A mis Padres:

Winiston y Pilar, por el esfuerzo y sacrificio que hicieron en mi formación personal, con el indesmayable apoyo y dedicación a forjarme como profesional.

A mis Hermanas:

Tannia, Lelis del Pilar y Karlita, y muy especial a Piero Sebastián mi hijo querido, por la confianza y motivación permanente.

A mis Compañeros de Promoción:

Jaime, Walter, Percy, David y Félix, por su incondicional apoyo en los momentos que mas los necesitaba.

LUIS ALBERTO

AGRADECIMIENTO

A Dios:

Por Darme la vida y la satisfacción de ser como soy.

A mis amigos:

Los señores David Mun, Jung Kyun Sun y Chang Kim, mi sincero agradecimiento por el apoyo continuo y desinteresado, ya que con ello hicieron posible el presente Informe.

Al Ingeniero:

Ruben del Águila Panduro

Por su orientación y apoyo en la elaboración del presente Informe de Ingeniería.

A la Universidad Nacional de San Martín.

Por acogerme en sus claustros; y un extensivo reconocimiento en lo profesional a los Docentes Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, los cuales hicieron posible mi formación Profesional.

LUIS ALBERTO

INDICE

	<u>Pág.</u>
Aprobación de Textos.	ii
Dedicatoria.	iii
Agradecimiento.	iv
Índice.	v
Resumen.	xii
I. INTRODUCCION.	01
1.1 Antecedentes del Problema.	01
1.2 Alcances y/o Aspectos Generales del Informe de Ingeniería.	02
1.2.1 Aspectos Generales del Informe de Ingeniería.	02
1.2.1.1 Ubicación Política.	02
1.2.1.2 Ubicación Geográfica.	03
1.2.2 Vías de Acceso.	05
1.2.3 Climatología.	05
1.2.4 Aspectos Socio – Económicos .	05
1.2.4.1 Problemática.	05
1.2.4.2 Vivienda.	06
1.2.4.3 Energía.	06
1.2.4.4 Saneamiento básico.	06
1.2.4.5 Educación.	06
1.2.4.6 Salud .	06
1.3 Limitaciones.	07
1.4 Justificación.	07
II. MARCO TEORICO.	08
2.1 Antecedentes Teóricos.	08
2.2 Objetivos.	09
2.2.1 Objetivo General.	09
2.2.2 Objetivos Específicos.	09
2.3 Marco Teórico y Marco Conceptual.	09
2.3.1 Marco Teórico.	09
2.3.1.1 Pavimentos .	09
2.3.1.2 Clasificación de los pavimentos.	10
2.3.1.3 Pavimentos flexibles .	10

2.3.1.4 Análisis de suelos.	18
2.3.1.5 Vehículos	26
2.3.1.6 Asfaltos	29
2.3.2 Marco Conceptual.	53
2.3.2.1 Pavimentos	53
2.3.2.2 Pavimento rígido.	53
2.3.2.3 Pavimento flexible	54
2.3.2.4 Terreno de fundación	54
2.3.2.5 Superficie subrasante	54
2.3.2.6 Sub base.	54
2.3.2.7 Base.	54
2.3.2.8 Capa de rodamiento.	54
2.3.2.9 Carpeta de desgaste o sello.	54
2.3.2.10 Superficie rasante	54
2.3.2.11 C3 Análisis granulométrico	54
2.3.2.12 Peso específico.	55
2.3.2.13 Asfalto.	55
2.3.2.14 Bitumen.	55
2.3.2.15 Asfaltos de petróleo	55
2.3.2.16 Imprimación	55
2.3.2.17 Riego de liga	55
2.3.2.18 Riego de sello	55
2.3.2.19 Mezclas asfálticas	56
2.3.2.20 Diseño de mezclas	56
2.3.2.21 Filler	56
2.3.2.22 Contenido de asfalto	56
2.4 Propuesta.	56
III. MATERIALES Y METODOS	58
3.1 Materiales.	58
3.1.1 Recursos Humanos.	58
3.1.2 Materiales y/o equipos de campo.	58
3.1.3 Materiales y/o equipos de gabinete.	58
3.2 Métodos.	59
3.2.1 Trabajo de Campo.	59
3.2.2 Recopilación de información	59
3.2.3 Trabajos de gabinete	60

3.2.4	Procedimiento de diseño	60
IV.	RESULTADOS.	67
4.1	Resultados obtenidos en el Laboratorio.	67
4.2	Estudio de canteras y fuentes de agua.	69
4.3	Diseño de mezcla asfáltica	73
V.	ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.	87
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	91
6.1	Conclusiones.	91
6.2	Recomendaciones.	91
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.	93
VIII.	ANEXOS.	94
8.1	Anexo N° 01: Panel Fotográfico.	
8.2	Anexo N° 02: Planos.	
▪	Plano de Planta del Proyecto ST.	
▪	Plano de Planta y Perfil Longitudinal PPL-01.	
▪	Plano de Planta y Perfil Longitudinal PPL-02.	
▪	Plano de Planta y Perfil Longitudinal PPL-03.	
▪	Plano de Planta y Perfil Longitudinal PPL-04.	
▪	Plano de Planta y Perfil Longitudinal PPL-05.	
▪	Plano de Detalle Sección de Diseño ST.	
▪	Plano de Diagrama Canteras.	
▪	Plano de Ubicación Cantera Rio Mayo UC-M.	
▪	Plano de Ubicación de Cantera Rio Cumbaza y Huallaga UC-H.	

INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 01: Parámetro del suelo obtenido en laboratorio.	67
Cuadro N° 02: Parámetro del suelo obtenido en laboratorio	68
Cuadro N° 03: Parámetro del suelo obtenido en laboratorio.	69

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 01: Diferentes tipos de secciones de pavimento.	11
Figura N° 02: Esquema del torque producida por efecto rueda	13
Figura N° 03: Representación del tren de cargas	26
Figura N° 04: Representación del camión semitrailer	27
Figura N° 05: Estructura del Pavimento flexible.	43

INDICE DE MAPAS

Mapa N° 01: Mapa de localización geográfica del Departamento de San Martín	03
Mapa N° 02: Mapa de localización geográfica de la Provincia de San Martín y del Distrito de la Banda de Shilcayo.	04

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 01: Especificaciones de sub base .	15
Tabla N° 02: Especificaciones de base	16
Tabla N° 03: Especificaciones de rodadura	17
Tabla N° 04: Relación sobre la presión de inflado y la presión de contacto.	28
Tabla N° 05: Proporciones de agregado.	34
Tabla N° 06: Valores de Carga unitaria ASTMD	49
Tabla N° 07: Valores CBR asociados a tipos de suelo	51
Tabla N° 08: Especificaciones para la prueba de razón de soporte	52
Tabla N° 09: Métodos de la norma A.A.S.H.O.T	53
Tabla N° 10: Requerimiento de calidad de los agregados gruesos	60
Tabla N° 11: Requerimiento de calidad de los agregados finos	61
Tabla N° 12: Requisitos granulométricos de la mezcla asfáltica	62
Tabla N° 13: Requisitos granulométricos del filler.	62
Tabla N° 14: Tipo de cemento asfáltico clasificado.	63
Tabla N° 15: Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por penetración	63
Tabla N° 16: Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por viscosidad	64
Tabla N° 17: Requisitos para mezcla de concreto bituminoso	65
Tabla N° 18: Tolerancias admitidas para la mezcla	66

RESUMEN

El presente informe trata en lo posible servir de apoyo a los alumnos de la facultad de ingeniería civil, ya que se hizo una evaluación de los factores principales que intervienen en el diseño estructural de los pavimentos flexible o asfáltico, estimando sus condiciones de cálculo prevalecientes en nuestro país, relacionados con el tráfico, soporte de la sub rasante y condiciones del medio ambiente de selva donde se desarrolló el presente informe.

Se anotan datos de diseño concernientes a pavimentos tanto de carreteras como calles que se están construyendo o se construyeron en la zona. Así como también mostrar los resultados de aplicación obtenidos en laboratorio por medio de los ensayos respectivos. Cabe mencionar que nuestro método de diseño es el C.B.R, “es la prueba de uso más extendido dentro del campo de la ingeniería de carretera”. Su comprensión y su utilización es importante para el ingeniero civil ya que este parámetro le permite apreciar con mayor detalle la resistencia que tendrá el suelo para soportar el tráfico esperado sobre el pavimento a construirse y aplicable tanto en laboratorio como “in situ”.

Cabe mencionar, con el informe de ingeniería desarrollamos un análisis del pavimento flexible en caliente, tomando en consideración el poco tiempo de uso que tiene en nuestra zona y cómo se comporta este material frente a los cambios bruscos de temperatura y humedad que se experimenta debido al clima tropical y templado que presenta nuestra región.

Palabras Claves: Evaluación, Factores, Diseño Estructural, Pavimento Flexible.

ABSTRACT

The following report tries as much as possible to support the students of the faculty of civil engineering, since an evaluation was made of the main factors involved in the structural design of the flexible or asphalt pavements, estimating their prevailing calculation conditions in our country, related to traffic, support of the subgrade and conditions of the jungle environment where this report was developed.

Design data are recorded concerning pavements of both roads and streets that are being built or built in the area. As well as showing the results of application obtained in the laboratory through the respective tests. It should be mentioned that our design method is C.B.R, "it is the most widely used test in the field of road engineering". Its understanding and its use is important for the civil engineer since this parameter allows the professional to appreciate in greater detail the resistance that the ground will have to support the expected traffic on the pavement to be built and applicable both in the laboratory and "in situ".

It is worth mentioning, with the engineering report, we developed an analysis of flexible hot pavement, taking into account the short time of use it has in our area and how this material behaves in the face of abrupt changes in temperature and humidity that is experienced due to the tropical and temperate climate that our region presents.

Keywords: Evaluation, Factors, Structural Design, Flexible Pavement.

I. INTRODUCCION

Desde hace tiempo en nuestro país se viene utilizando la Carpeta Asfáltica en Caliente y nuestra región San Martín no podía estar excepto ya que estas mezclas se adaptan a la relieve y geografía de nuestra zona, ya sean modificando o usando aditivos para una mejor adaptación a las condiciones del medio ambiente, considerándose principalmente la configuración de la vía. Por otra parte la infraestructura vial de nuestra región en estos años viene mejorando con la puesta en marcha de un plan de rehabilitación de las carreteras, a través de proyectos integrales o convenios internacionales. Además, mencionar la problemática que a diario se presenta en las carreteras o vías de comunicación de nuestra región donde la transitabilidad es pésima, para ello se necesita un planteamiento eficaz que permita solucionar en gran parte las vías de acceso a diferentes poblados o centros de producción. Y los más afectados son los pobladores asentados en estas zonas. En tal sentido es necesario que, en el presente Informe de Ingeniería, el cual corresponde al diseño de la carpeta asfáltica en caliente, se realicen los estudios necesarios para proyectar y dimensionar el espesor de la vía necesaria, que permitan transitar los vehículos de diferentes dimensiones, pesos y tamaños con toda normalidad. Por otro lado, mucho dependerá del nivel de conservación que reciben los pavimentos de estas vías, ya que es insuficiente o nulo en la gran mayoría.

1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA:

El tramo Tarapoto – Juanjui de la carretera Fernando Belaunde Terry, por años está recibiendo mantenimientos periódicos a nivel de afirmado, el cual por el constante tráfico se deteriora rápidamente. Por ahora se está proyectando realizar el mejoramiento de la vía hasta la ciudad de Juanjui, cuál será el criterio, pero lo realizaran por tramos, hay que tener en consideración que entre los tramos de Yacucatina - Buenos Aires es un suelo muy inestable por la presencia de rocas y arcillas. Muy por el contrario, en el tramo en estudio tenemos la presencia de suelos adecuados para una mejor compactación y conformación de una carpeta asfáltica, Así mismo, que este tipo de mezcla se está proyectando en los tramos de la carretera Tarapoto – Juanjui, el mismo que estará en constante evaluación para monitorear su comportamiento. En el presente informe solo se ha trabajado el sub tramo Banda de Shilcayo – Las Palmas el cual servirá de apoyo o complemento para los trabajos que

efectúen los egresados de nuestra casa superior de estudios. Anteriormente este tramo ha sido rehabilitado con un tratamiento superficial Bicapa, el cual tuvo un tiempo de vida útil por poco tiempo, ya que esta vía es muy transitada y requería de otro tratamiento. Del mismo modo se están proyectando el mejoramiento de la carretera Tarapoto - Yurimaguas, el tramo en estudio es de suma importancia ya que ella converge la nueva vía de evitamiento, la carretera a Yurimaguas y las vías a los centros de producción del distrito. El problema que afecta la zona urbana de este sector de la ciudad, se caracteriza por una alta vulnerabilidad al pase de los vehículos pesados, los mismos que con el constante tránsito dejan pronunciados baches y hundimientos, los vehículos menores ya no puedan transitar. Por tal motivo se realiza el presente Informe de Ingeniería denominado: **“Diseño de Pavimento Flexible con Carpeta Asfáltica en caliente tramo banda de shilcayo – las palmas”**, el cual contribuirá con una alternativa Técnica de solución, al problema de Baches, hundimientos y falta de cunetas del tramo, así mejorar la calidad de vida de los pobladores directa e indirectamente afectados. Como referencia para este tipo de proyectos, tenemos que, las recientes obras de mantenimiento con carpeta asfáltica en caliente, en la Carretera Fernando Belaunde Terry, Tarapoto – Rioja tramo I, Zona Norte.

1.2 ALCANCES Y/O ASPECTOS GENERALES DEL INFORME DE INGENIERIA:

En el presente Informe de Ingeniería, se realizará el Diseño de la Carpeta Asfáltica en caliente, utilizando los recursos propios de la zona, considerando las canteras del río Huallaga, río Mayo y río Cumbaza. La mezcla de asfalto en caliente que se está utilizando, para la conformación de la carpeta viene dando buenos resultados en zonas de clima cálido y húmedo, lo cual garantiza que se puede obtener una mezcla de buena calidad. Se determinará también el tipo de suelo en el tramo en estudio, ya que esto permitirá conocer sobre qué base se conformará nuestra carpeta asfáltica.

1.2.1 ASPECTOS GENERALES DEL INFORME DE INGENIERIA.

1.2.1.1 Ubicación Política.

El área de estudio se ubica políticamente en:

Localidad : La Banda.

Distrito : La Banda de Shilcayo.

Provincia : San Martín.

Región : San Martín.

1.2.1.2 Ubicación Geográfica.

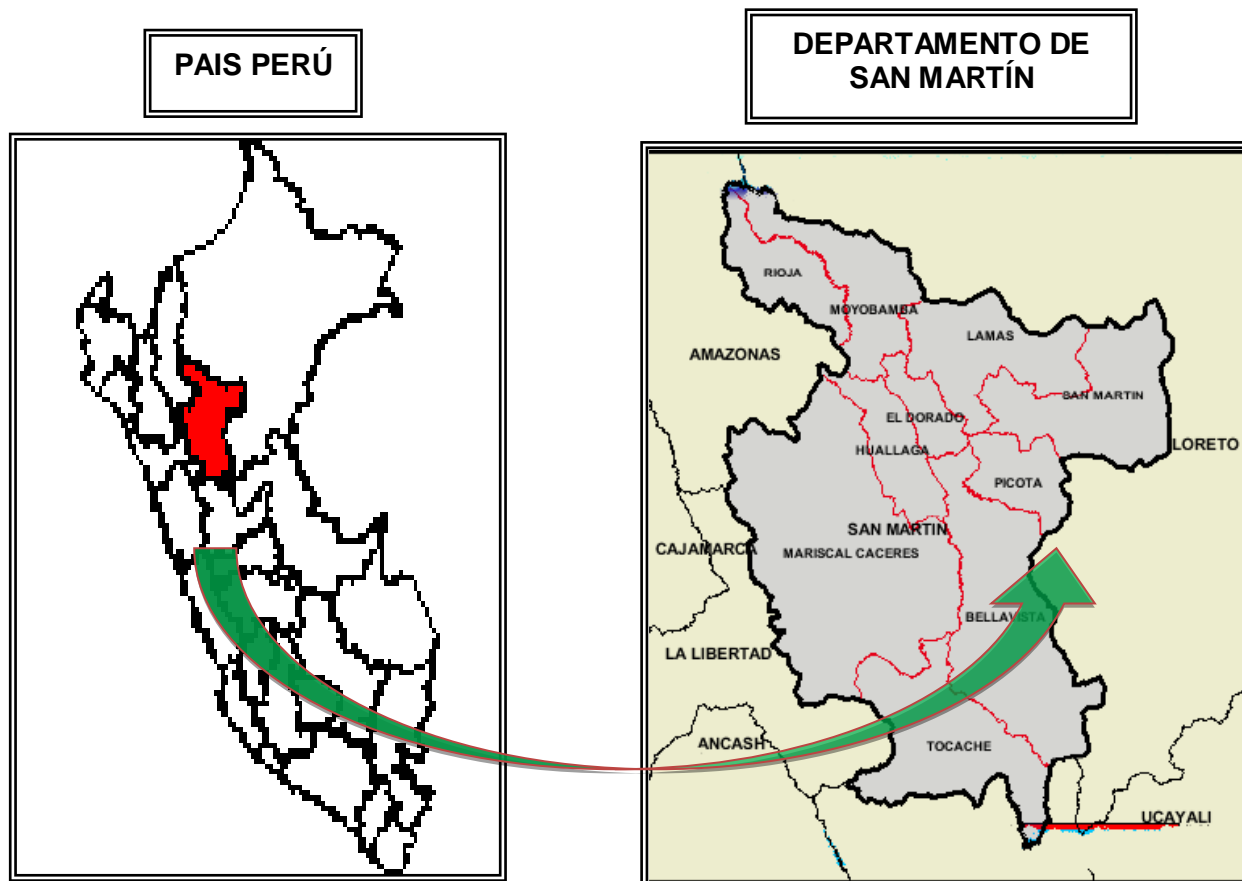
La Banda de Shilcayo, se ubica a 15 minutos de la ciudad de Tarapoto en la parte Sur de la Carretera Fernando Belaunde Terry y a dos horas de la ciudad capital de la región San Martín, Moyobamba. Limita al norte con la provincia de Lamas (Pongo de Caynarachi) y con el distrito de San Antonio, al oeste con la ciudad de Tarapoto, al sur con el distrito de Juan Guerra y Shapaja, al este con Chazuta y con el distrito de la provincia de Lamas, Barranquita. La ubicación geográfica del área de estudio, se encuentra entre la intersección de las coordenadas siguientes:

Latitud Sur : 77° 43' 05"

Longitud Oeste : 06° 44' 05"

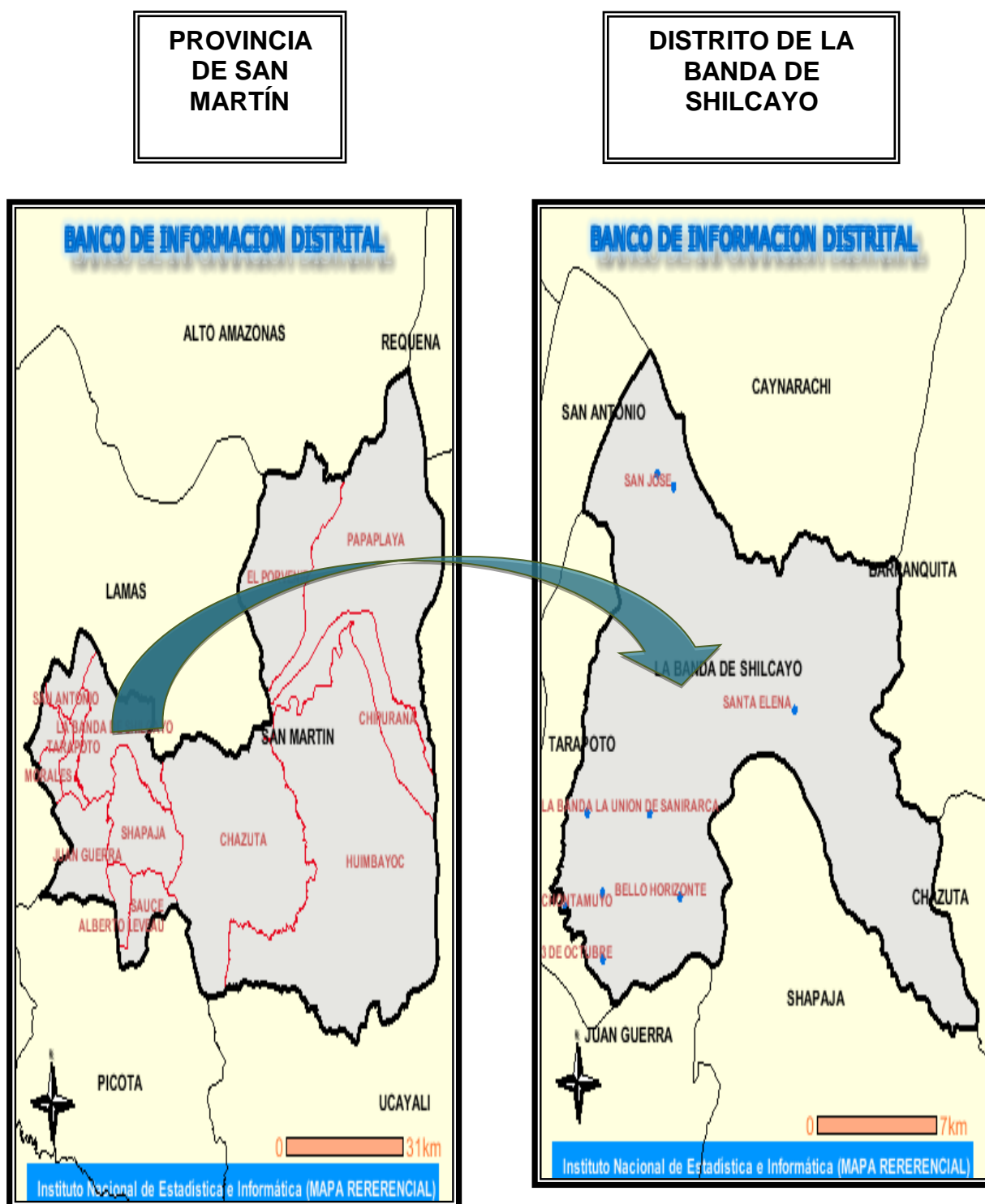
Con una altitud media de 270.00 m.s.n.m. A continuación, se muestran los mapas de ubicación del proyecto

Mapa N° 01: Mapa de localización geográfica del Departamento de San Martín.



Fuente: <http://www.enperu.org/informacion-util-san-martin-ubicacion-geografica>

Mapa N° 02: Mapa de localización geográfica de la Provincia de San Martín y del Distrito de la Banda de Shilcayo.



Fuente: <http://www.enperu.org/informacion-util-san-martin-ubicacion-geografica>

1.2.2 VÍAS DE ACCESO.

Por su estratégica ubicación geográfica, La Banda de Shilcayo es el eje de la intercomunicación de los pueblos Sanmartinenses.

La red principal está conformada por la carretera Fernando Belaunde Terry, articulando la costa norte por Moyobamba y por el sur con Juan Guerra, con una carretera mejorada hasta la ciudad de Juanjui; Internamente una red de trochas carrozables articulan los centros poblados principales.

Así mismo con el mejoramiento de la Carretera a Yurimaguas se ha intensificado el tráfico al distrito.

Para llegar al distrito de La Banda de Shilcayo, existen empresas de transporte que mediante sus flotas de vehículos prestan el servicio de transporte privado, las poblaciones más cercanas a esta ciudad hacen uso de vehículos menores tales como mototaxis y en su mayoría moto lineal.

La Comunicación telefónica celular está coberturada por las empresas de telecomunicaciones Movistar, Claro y otros.

1.2.3 CLIMATOLOGÍA.

La zona en estudio presenta un clima semi-seco y cálido, con humedad relativa durante el año y con concentración térmica normal en verano. En realidad es complicado definir con exactitud cuándo empiezan y cuando terminan las estaciones en toda la Selva Alta, sobre todo porque sólo se llegan a definir dos estaciones, el verano, que se caracteriza por la presencia de un radiante sol y el invierno que es cuando se presentan las lluvias. Con una temperatura promedio anual de 26°C, siendo la temperatura máxima de 38.6°C y la mínima de 13.5°C, tiene una humedad relativa de 78.5%, siendo la máxima de 80% y la mínima de 77%. La precipitación promedio anual es de 1,157mm, La dirección predominante de los vientos es norte, con una velocidad promedio anual de 4.9 Km/h.

1.2.4 ASPECTOS SOCIO – ECONÓMICOS.

1.2.4.1 Problemática.

Debido a la falta de mantenimiento periódico de las vías existentes en la zona, se han visto afectados las personas que a diario transitan por esta vía ya que el mal estado de

las mismas ocasiona el alza en los pasajes y el tiempo de viaje se hacen más largos y costosos, así mismo los productos de primera necesidad suben de precio, ocasionando una perdida directa en el usuario de esta vía.

1.2.4.2 Vivienda.

Las viviendas dentro de la configuración urbana del distrito se identifican de Quincha y techo de palma, tierra apisonada techo de teja y calamina y material noble con techo de concreto.

La característica común de las viviendas descritas es que poseen espacios que lo ocupan como huerto familiar. Lo más caracterizado en calidad de vivienda, son las modernas viviendas que se vienen construyendo en diversos puntos de la ciudad ya sea con inversión privada o inversión del estado con sus programas sociales.

1.2.4.3 Energía.

La Localidad de Banda de Shilcayo se caracteriza por ser sede de la Planta Termoeléctrica que abastece a gran parte de la región y en tal sentido cuenta con el servicio de energía Eléctrica durante las 24 horas del día, la empresa prestadora de este servicio es Electro Oriente S.A., Con la puesta en marcha del CEIN, la energía eléctrica está aumentando en capacidad para el beneficio de la población.

1.2.4.4 Saneamiento básico.

1.2.4.5 Educación.

Cuenta con Instituciones de Educación Pública que brindan el servicio de estudios en los niveles de inicial, primaria, secundaria y superior, los cuales están administrados por la UGEL – San Martín. Así mismo cuenta con el instituto Tecnológico Nor Oriental de la selva y la Escuela Superior Técnica de la Policía Nacional.

1.2.4.6 Salud.

Cuenta con un Centro de Salud que atiende a la población urbana y rural de la localidad, el cual brinda los servicios de salud, básicos de baja y mediana complejidad, cuenta con limitaciones en la implementación física y de recursos humanos, ya que cuando los diagnósticos son de alta complejidad, se transfieren a la ciudad de Tarapoto.

1.3 LIMITACIONES:

El presente Informe de Ingeniería está limitado a la elaboración del Estudio del Diseño de Pavimento Flexible con Carpeta Asfáltica en caliente Tramo Banda de Shilcayo – Las Palmas. Dado que se trata del diseño del pavimento para el tramo en estudio, se ha efectuado la verificación del suelo de fundación, mediante la excavación de tres calicatas, las mismas que nos proporcionaran un referente del plano estratigráfico de la zona en estudio, esto se debe a una limitación económica.

La falta de equipos y materiales necesarios para la realizar las pruebas de campo, ya que para desarrollar estos recurrimos a laboratorios particulares de la zona, los mismos que en algunos casos no brindan la garantía de resultados precisos, por la falta de calibración y mantenimiento de sus equipos, que en su mayoría están deteriorados.

1.4 JUSTIFICACIÓN

La justificación principal por la cual se desarrolla el presente Informe de Ingeniería, es para contribuir técnicamente con el Diseño de la Carpeta Asfáltica en caliente teniendo en consideración los estudios de campo y las pruebas realizadas.

Por otra parte, teniendo en cuenta el crecimiento que viene experimentando la ciudad de Tarapoto y distritos aledaños, tanto poblacionalmente como del parque automotor, el problema de infraestructura vial también aumenta de manera proporcional; para así pues apuntar al desarrollo, se requiere de más vías asfaltadas a fin de brindar mejor servicio a la población.

El presente informe está orientado a desarrollar el diseño de un pavimento flexible acorde al requerimiento actual, es por ello que surge la necesidad de hacer una propuesta de asfalto en caliente, ya que este viene siendo utilizado con buenos resultados en los tramos rehabilitados de la zona.

II. MARCO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES TEORICOS:

Aquino, D del C (2009), en su Informe de Ingeniería denominado **“DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE, A NIVEL DE CARPETA ASFALTICA EN FRIO, PARA LAS VIAS PRINCIPALES DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA - UNSM”**

La Mezcla Asfáltica en frio se utiliza desde transito liviano hasta tránsito pesado y es conveniente para las vías de la Ciudad Universitaria.

Los procedimientos en frio, son menos contaminantes que los procedimientos en caliente y no originan desperdicios.

El diseño y dosificación que se efectúa en laboratorio, puede sufrir eventuales adaptaciones al terreno.

Torres, L V (2012), en su Informe de Ingeniería denominado **“REDISEÑO DEL PAVIMENTO ASFALTICO DEL JR. LIMA: CDRA 6 A CDRA 16 – TARAPOTO”**

El tipo de mezcla a emplearse en la carpeta asfáltica será aplicada en “caliente” por el tráfico que debe resistir en peso y en intensidad, tiempo de construcción y de servicio, conservación y mantenimiento, disponibilidad de materiales, equipo y herramientas; del tipo de cemento asfaltico 60/70, por ser de mejor trabajabilidad al momento de la colocación y es más resistente a la abrasión.

La construcción debe hacerse en épocas de estiaje para no disminuir el grado de compactación en sus capas.

Sinti, D M (2009), en su Informe de Ingeniería denominado **“DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO EN CALIENTE PARA EL ACCESO AL MIRADOR TURISTICO-LAMAS”**

El material de la Subrasante del tramo en estudio presenta un CBR de regular a bueno, lo que influye en el módulo resiliente y ocasiona una estructura de pavimento con una base de materiales tratados de 15 cm. De espesor y una carpeta asfáltica de 10 cm.

El porcentaje de asfalto en la mezcla asfáltica tiene mucha influencia en el volumen de vacíos de aire de la mezcla compactada, la cual tiende a bajar conforme aumenta el porcentaje de asfalto.

2.2 OBJETIVOS.

Se pretende alcanzar los siguientes objetivos:

2.2.1 OBJETIVO GENERAL.

Efectuar el Diseño del Pavimento Flexible con Carpeta Asfáltica en Caliente Tramo Banda de Shilcayo – Las Palmas, en el Distrito de la Banda de Shilcayo, Provincia y Región San Martín.

2.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

Determinar los principales parámetros necesarios que permitan diseñar el espesor adecuado de un Pavimento Flexible en Caliente.

Determinar el espesor adecuado del pavimento a usar en el tramo y cumpla con las exigencias requeridas por el diseño.

Proporcionar la información básica de ingeniería necesaria para la elaboración del diseño de pavimento de carreteras con carpeta asfáltica en caliente.

2.3 MARCO TEÓRICO Y MARCO CONCEPTUAL:

2.3.1 MARCO TEÓRICO.

La necesidad y la preocupación permanente por contar con vías de transitabilidad segura, hacen que cada día nos preocupe como morador de la zona y más aun de las autoridades locales que están inmersos en la problemática.

En tal sentido, abordaremos los principales aspectos técnicos referentes al diseño y construcción de pavimentos asfálticos que sustenten mi propuesta en el afán de producir un resultado satisfactorio, tanto estructural como económicamente del tramo en estudio; según se tiene.

2.3.1.1 PAVIMENTOS

Se define al pavimento como la estructura que descansa sobre el terreno de fundación conformado por capas de espesores y calidades diferentes de acuerdo al diseño del proyecto y construido para soportar cargas estáticas y móviles por un tiempo determinado. También podemos definir al conjunto de capas de materiales seleccionados comprendidos entre la superficie de Subrasante (capa superior de las explanaciones) y la superficie de rodadura, cuyas principales funciones son las de proporcionar una superficie uniforme, de textura apropiada, resistentes a la acción del

tránsito, intemperismo y de otros agentes perjudiciales, así mismo transmitir adecuadamente al terreno de fundación los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito.

En otras palabras, el pavimento es la superestructura de la obra vial, que hace posible el tránsito fluido de los vehículos, con la seguridad, confort y economía previstos por el proyecto.

2.3.1.2 CLASIFICACIÓN DE LOS PAVIMENTOS

Clasificaremos al pavimento de la siguiente manera:

Pavimento Rígido. Aquel pavimento en la cual la capa de rodamiento está formada por concreto de cemento Portland con o sin armadura de fierro. En algunos casos, estos pavimentos podrán llevar una carpeta de desgaste formada por una mezcla bituminosa. (mixto).

Pavimento Flexible. Tienen una base semirrígida, sobre la cual se ha construido una capa de rodamiento formada por una mezcla bituminosa de alquitrán o asfalto.

Pavimento Especial.- cualquier otro tipo de pavimento diferente a los 2 anteriores; pueden ser de:

TERRACERIA : Trocha peatonal compactada manualmente.

REVESTIDO: Trocha Carrozable revestida sobre terracería

EMPEDRADOS: Cantos rodados con cementantes.

RÍGIDO REFORZADO: Con malla de acero

RÍGIDO PREESFORZADO: Rígido con acero estructural de alta resistencia.

2.3.1.3 PAVIMENTOS FLEXIBLES

Huamán, indica que, es una estructura compuesta de varias capas que permite cierta flexibilidad debido a la naturaleza de su capa superficial. La transmisión de la carga se hace en forma tronco cónica sobre el terreno de fundación con el que mantiene contacto.

2.3.1.3.1 SECCIONES DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

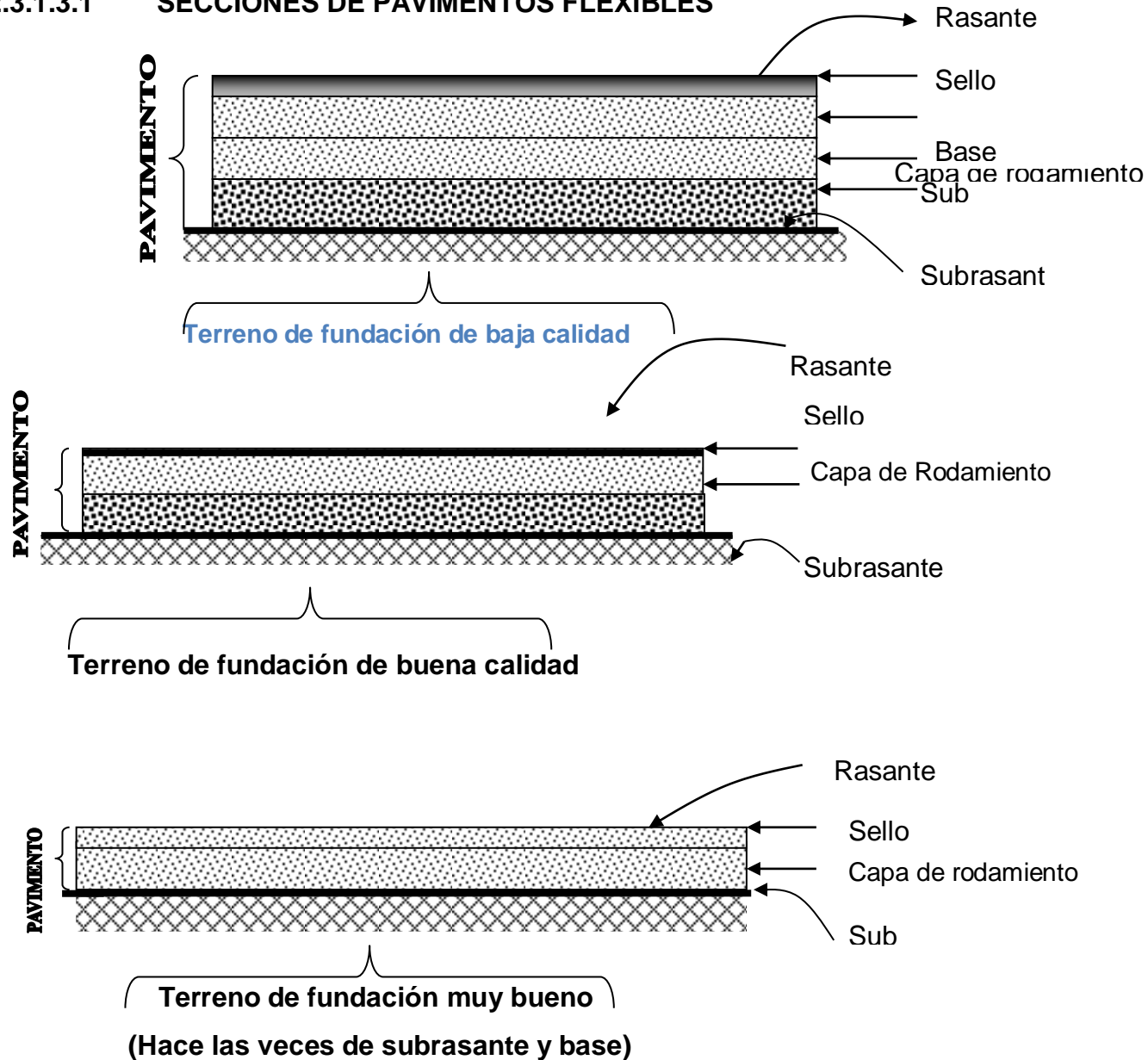


Fig. N° 1: Diferentes tipos de Secciones de pavimento según la calidad del terreno de fundación.

2.3.1.3.2 ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO:

Según **Huamán Guerrero**, se tiene:

TERRENO DE FUNDACIÓN. Sirve de fundación del pavimento después de terminado el movimiento de Tierra y una vez compactado tiene las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos de diseño.

SUPERFICIE SUBRASANTE. Corresponde Al terreno de fundación.

SUB BASE. Capa de material seleccionado que se coloca sobre la Subrasante

BASE. Capa de material pétreo, mezcla de suelo, cemento, mezcla bituminosa o piedra tratada que se coloca sobre la sub-base.

CAPA DE RODAMIENTO. Capa que se coloca sobre la base y está formada por una mezcla bituminosa.

CARPETA DE DESGASTE O SELLO. Está formado por una aplicación bituminosa de asfalto, su objetivo es sellar la superficie pavimentada; impermeabilizándola, a fin de evitar la infiltración de las aguas de lluvia, además protege la capa de rodamiento contra la acción abrasiva de las ruedas de los vehículos.

SUPERFICIE RASANTE. La que soporta el tránsito de los vehículos motorizados.

Las diferentes capas de un pavimento, así como sus espesores se diseñan de acuerdo a las capacidades y soporte del terreno de fundación de la calidad del material a usarse, del tipo de pavimento, intensidad de tránsito, carga de diseño, etc.

2.3.1.3.3 CARACTERÍSTICAS DE UN BUEN PAVIMENTO

Debe ser resistente a las cargas; ya que de lo contrario los esfuerzos verticales y horizontales producen fallas de hundimiento y desplazamientos horizontales. Debe proporcionarnos una circulación cómoda, eficiente y económica. En zonas lluviosas debe tener un drenaje adecuado de tal forma que la transitabilidad sea permanente y segura. Debe ser impermeable y evitar la acción del agua sobre el terreno de fundación. En lo posible debe ser indeformable, aceptándose sólo en pequeña magnitud de tal manera que no corra riesgo de deterioro. Debe ser liso y duro a fin que no obstaculice el avance de la rueda, evitando así al motor del vehículo mayores esfuerzos (potencia)

2.3.1.3.4 ELECCIÓN DEL PAVIMENTO

Como hemos visto anteriormente existen diferentes tipos de pavimentos, los mismos que se recomiendan en función de una serie de aspectos como son: tipo de utilización, necesidad estructural, acabado de superficie de rodadura, etc. Debemos tener en cuenta que no siempre los pavimentos de menor costo inicial son los más convenientes, sino que es necesario efectuar un estudio minucioso a través de la vida útil del mismo, tomando en consideración los costos de mantenimiento de la infraestructura en general. Generalmente los pavimentos flexibles son recomendables

para el caso de redes viales principales y secundarias del país, las que deben diseñarse y construirse empleando las técnicas más modernas para mejorar su performance. Los pavimentos rígidos se recomiendan para calles en zonas urbanas, playas de estacionamiento, etc.

2.3.1.3.5 ESFUERZOS QUE SE PRODUCEN EN EL PAVIMENTO

La estructura del pavimento está conformada por capas, que son de material escogido y que tienen por finalidad proporcionar al camino un adecuado elemento de soporte, la acción de las cargas provenientes de la circulación de vehículos de tal manera que al terreno de fundación se transmita una presión vertical y un esfuerzo de corte aceptables. Como es sabido cuando se diseña un pavimento flexible sus espesores deben satisfacer la exigencia del esfuerzo vertical de compresión en la superficie de la subrasante y el esfuerzo de tensión horizontal sobre el lado bajo de la capa inferior del asfalto. En el punto de contacto se produce una presión unitaria “P” de tal forma que la rueda al deformarse origina un área de contacto en forma elíptica que se aplica en algún punto del plano y que se asume como si fuera circular.

En el caso de pavimento rígido, la losa absorbe la carga en todo el plano, mientras que en los flexibles el esfuerzo se distribuye a través de las diferentes capas, lo cual será necesario conocer para diseñar los espesores de las mismas. Los esfuerzos se calculan generalmente según la teoría de BOUSSINESQ, y deberán ser iguales o inferiores a la capacidad portante del terreno de fundación.

Igualmente, el Torque (T) en el centro de la rueda se transmite como esfuerzo tractor (E_t) para que rompa la fuerza de fricción (f.f.).

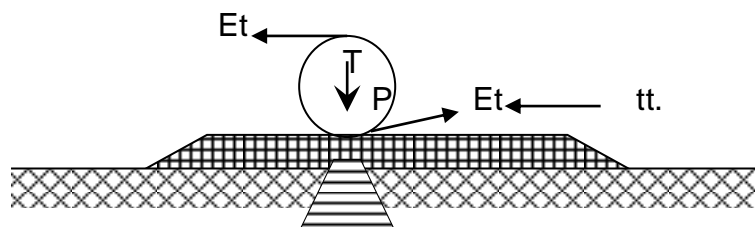


Fig. Nº 2: Esquema del torque producida por efecto de rueda

El esfuerzo tractor E_t provoca esfuerzos de corte en la superficie del pavimento, el que también disminuye con la profundidad.

2.3.1.3.6 DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS DENTRO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

Consiste en encontrar el espesor del pavimento en función de los espesores que correspondan a las capas que lo integran, de tal manera que el esfuerzo que producen las cargas serán menores que la capacidad portante del terreno de fundación en su nivel sub-rasante.

2.3.1.3.7 FUNCIONES Y CARACTERÍSTICAS DE LAS DIFERENTES CAPAS DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE

Terreno de fundación:

De su capacidad de soporte depende, en gran parte, el espesor que debe tener un pavimento, sea éste flexible o rígido. Si el terreno de fundación es pésimo; por ejemplo, si el material que lo compone tiene un alto contenido de materia orgánica, debe desecharse éste material y sustituirse por otro de mejor calidad. Si el terreno de fundación es malo y se halla formado por un suelo fino, limoso o arcilloso, susceptible de saturación, habrá de colocarse una sub-base granular de material seleccionado antes de poner la base y capa de rodamiento.

Si el terreno de fundación es regular o bueno y está formado por un suelo bien graduado que no ofrece peligro de saturación, o por un material de granulometría gruesa, posiblemente no se requerirá la capa de sub-base. Finalmente, si el terreno de fundación es excelente; es decir, que tiene un valor soporte, elevado y no existe, además, la posibilidad de que se sature de agua, bastaría colocar encima la capa de rodamiento.

Sub-base

Es la capa de material seleccionado que se coloca encima de la subrasante. Tiene por objeto:

Servir de capa de drenaje al pavimento. Controlar, o eliminar en lo posible, los cambios de volumen, elasticidad y plasticidad perjudiciales que pudiera tener el material de la subrasante.

Controlar la ascensión capilar del agua proveniente de las napas freáticas cercanas, o de otras fuentes, protegiendo así el pavimento contra los hinchamientos que se producen en épocas de helada. Este hinchamiento es causado por el congelamiento

del agua capilar, fenómeno que se observa especialmente en suelos limosos donde la ascensión capilar del agua es grande.

El material de la sub-base debe ser seleccionado y tener mayor capacidad soporte que el terreno de fundación compactado. Este material puede ser: arena, grava gruesa, escoria de los altos hornos, o residuos del material de cantera. En algunos casos, es posible emplear para sub-base el material de la sub-rasante mezclado con arena gruesa, cemento, etc.

El material ha de tener las características de un suelo A1 o A2, aproximadamente. Su límite líquido debe ser inferior a 35% y su índice plástico no mayor de 6. El CBR, no podrá bajar de 15%.

Si la función principal de la sub-base es servir de capa de drenaje, el material a emplearse debe ser granular, y la cantidad de material fino (limo y arcilla) que pase el tamiz número 200 ha de ser mayor del 8%

Tabla N° 01: Especificaciones de Sub base

TAMIZ ESTANDAR ASTM	% QUE PASA
Pasa por tamiz de 100mm	100
“ “ N° 4	95-100
“ “ N° 16	45-80
“ “ N° 50	10-30
“ “ N° 100	2-10

FUENTE: MTC, Especificaciones técnicas para carreteras, pág. 69.

Base

Esta capa tiene por finalidad absorber los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos y, además, repartir uniformemente estos esfuerzos a la sub-base y al terreno de fundación. Las bases pueden ser granulares, o bien estar formadas por mezclas bituminosas o mezclas estabilizadas con cemento u otro material ligante.

El material pétreo que se emplee en la base, deberá llenar los siguientes requisitos:

Ser resistente a los cambios de humedad y temperatura.

No presentar cambios de volumen que sean perjudiciales.

El porcentaje de desgaste, según el ensayo “Los Ángeles”, debe ser inferior a 50.

La fracción del material que pase por el tamiz N° 40, ha de tener un límite líquido menor del 25% y un índice de plasticidad inferior a 6.

La fracción que pasa el tamiz N° 200, no podrá exceder de 1/2, y en ningún caso de los 2/3 de la fracción que pase al tamiz N° 40.

La graduación del material de la base, es menester que se halle dentro de los límites indicados.

El CBR tiene que ser superior a 50%.

Por lo general, para la capa de base se emplea piedra triturada, grava o mezclas estabilizadas de suelo cemento, suelo bituminoso, etc.

Tabla N° 02: Especificaciones de Base

Tamaño de la Malla	Porcentaje en Peso que pasa para las siguientes mallas		
	<u>Tipo</u>		
	<u>C</u>	<u>D</u>	<u>E</u>
2"	-	-	
1"	10	100	100
3/8"	50-85	60-100	-
# 4 (mm)	35-65	50-85	55-100
# 10 (mm)	25-50	40-70	40-100
# 40 (mm)	15-30	25-45	20-50
# 200 (mm)	5-15	8-15	6-20

Fuente: MTC, Especificaciones técnicas para carreteras, pág. 69

Tabla N° 03: Especificación de Rodadura

Tamaño de la Malla	Porcentaje en Peso que pasa para las siguientes mallas		
	<u>Tipo</u>		
	<u>C</u>	<u>D</u>	<u>E</u>
2"	-	-	
1"	10	100	100
3/8"	50-85	60-100	-
# 4 (mm)	35-65	50-85	55-100
# 10 (mm)	25-50	40-70	40-100
# 40 (mm)	15-30	25-45	20-50
# 200 (mm)	5-15	8-15	6-20

FUENTE: MTC, Especificaciones técnicas para carreteras, pág. 69

Capa de rodamiento

Aquel sobre la cual se va desarrollar el rodamiento del vehículo sobre el pavimento.

El éxito de la capa de rodamiento depende del grado con que se obtenga una mezcla con la óptima gradación de agregados y porcentaje de ligante bituminoso, para ser durable y para resistir la rotura y el desgaste superficial, sin volverse inestable bajo las cargas del tráfico y las condiciones climáticas esperadas. El uso de un procedimiento de diseño de laboratorio es esencial para asegurar que una mezcla sea satisfactoria.

Cuando una capa de rodamiento, jornada por una mezcla de suelo y agregado, deba permanecer por varios años sin tratamiento superficial bituminoso, o in una capa superficial impermeable, deberá especificar un mínimo del 8% para el material que pase el tamiz N 200, un límite líquido de 35% y un índice plástico comprendido entre 4y 9.

Su función será proteger la base impermeabilizando la superficie, para evitar posibles infiltraciones del agua de lluvia que podrían saturar parcial o totalmente las capas inferiores. Además, evita que se desgaste o se desintegre la base a causa del tránsito de los vehículos.

Asimismo, la capa de rodamiento contribuye, en cierto modo, a aumentar la capacidad soporte del pavimento, especialmente si su espesor es apreciable (mayor de 3").

Mezclas “in situ” de tipo o denso: Generalmente, se emplean asfaltos líquidos de rápido y medio curado (RC y MC) El espesor varía, aproximadamente entre 4 y 7.5 cm (1,5” a 3”). Mezclas “en planta”, de tipo denso o abierto, aplicadas “en frío” o “en caliente”. Para láminas asfálticas (sheet asphalt), concretos bituminosos, etc., pueden usarse algunos asfaltos líquidos, pero preferentemente se emplean cementos asfálticos cuya penetración está comprendida entre 85 y 200. El espesor es generalmente, mayor de 5 cm (2”). Las capas formadas por las mezclas bituminosas anteriormente indicadas, no deben tener espesores menores de 2,5 cm (1”). Se recomienda 12,5 cm (5”) como espesor máximo.

Carpeta de desgaste o sello

Está formada por una aplicación bituminosa de asfalto y tiene por objeto sellar la superficie, impermeabilizar, a fin de evitar la infiltración de las aguas de lluvia. Además, protege la capa de rodamiento contra la acción abrasiva de ruedas de los vehículos

Los materiales bituminosos que se emplean pueden ser asfaltos líquidos, emulsionados, o de penetración, y alquitranes. Los tipos de asfaltos generalmente empleados son: RC-3, RC-4, RC-5; MC-4, MC-5; RS-1; penetración 85-100, 100-120 y los alquitranes RT-6, RT-7 y RT-8. Estos materiales son aplicados por medio de un distribuidor a presión, en cantidades que varían de 0,5 a 1,5 litros por metro cuadrado, según las características de la capa de sello. Estos últimos se emplea principalmente en la construcción de caminos de bajo costo, son excelentes materiales para imprimación. Se distinguen también por su capacidad de mezclar bien con agregados húmedos. Los sellos pueden o no llevar una cubierta secante (blotter) de arena o agregado fino. En caso de colocarse una cubierta de material pétreo, a cantidad a emplearse varía, generalmente, entre 5 y 10 kg por m².

2.3.1.4 ANÁLISIS DE SUELOS

Investigación del sitio

Generalmente no se asigna a esta primera operación la importancia que merece. El estudio del sitio donde se proyecta construir una carretera, un aeropuerto, un viaducto, un puente, un edificio o una represa y particularmente el trabajo de obtener muestras, se deja muchas veces en manos de personal poco experimentado. El estudio del sitio donde se proyecta levantar una estructura, así como la obtención de muestras de suelos y rocas, es de gran importancia y debería hacerse bajo la dirección y obstar

supervisión de ingenieros especialistas en suelos. El estudio del suelo y sub suelo no debe limitarse al lugar donde se construirá una autopista, vía urbana, pista de aterrizaje o carretera, o donde se levantará un terraplén, viaducto, puente u otro tipo de estructura, sino que debe comprender toda la zona circunvecina, el estudio debe incluir los principales accidentes del terreno como quebradas, riachuelos, zonas anegadizas y vegetación existentes, datos éstos que son muy valiosos para poder proyectar sistemas de drenaje, prevenir y evitar deslizamientos, que pudieran presentarse posteriormente y otros inconvenientes. Asimismo, es importante el conocimiento de las características climáticas de la región, los taludes de los cortes a efectuarse y de los terraplenes a construirse, los espesores y tipos de pavimento, pueden ser modificados de acuerdo con los datos de campo.

Perfil del Sub suelo

Una vez conocidos los perfiles topográficos de la zona donde se construirá una autopista, carretera. Vía urbana o pista de aterrizaje y fijada que haya sido la subrasante, es conveniente conocer el “perfil del suelo”, es decir conocer los diferentes tipos de materiales que forman el subsuelo a diferentes profundidades.

Un “perfil de subsuelo”, nos proporcionará información valiosa cerca de la clase de suelos y rocas existentes y nos indicará la profundidad a que se encuentran las aguas subterráneas.

Ensayos de Suelos

Contenido de Humedad.- según Valles Rodas este ensayo de contenido de humedad es un ensayo rutinario de laboratorio para determinar la cantidad de agua presente en una cantidad dada de suelo en términos de su peso en seco.

Referencias:

ASTM D2216 – 71 (Normas ASTM porte 19)

El contenido de humedad es la suma de sus aguas, libre, capilar e hidrosférica. En Mecánica de Suelos, el contenido de humedad w está referido al peso del material seco:

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{\text{Peso muestra húmeda} - \text{Peso muestra seca}}{\text{Peso muestra seca}} \times 100$$

$$= \frac{\text{Peso del agua contenida en la muestra}}{\text{Peso de la muestra seca}} \times 100$$

O sea:

$$W (\%) = \frac{W_h - W_s}{W_s} \times 100 = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Basándose en una definición de “contenido de humedad”, tendremos que el peso seco W_s de un suelo será:

$$W_s = \frac{W_h}{100 + w} \times 100, \text{ si } w \text{ está dado en porcentaje}$$

Se toma como muestra seca, la secada al horno a 110°C. El tiempo de secado de una muestra varía de acuerdo con el tipo de suelo. Generalmente, se toman unos 100 a 200 gramos de suelo húmedo y se los seca en un horno, durante 24 horas, a la temperatura constante de 110°C. Sin embargo, como hay suelos que necesitan más horas para secarse, es preferible secar las muestras hasta que no registre variación en su peso.

Peso Específico

El peso específico, o gravedad específica, de un suelo, es la relación entre el peso, al aire, de sus partículas minerales y el peso, al aire, del agua destilada, considerando un mismo volumen y una misma temperatura. Así, si su peso específico es 2,7 significa que 1,0 cm³ de sus partículas minerales pesa 2,7 veces más que 1,0 cm³ de agua destilada, a igual temperatura.

La determinación del peso específico de un suelo se hace generalmente, por medio de un frasco calibrado o de un picnómetro.

La calibración del frasco calibrado, la preparación de las muestras y el procedimiento a seguir para la determinación del peso específico de un suelo, se hallan indicados, en detalle.

El peso específico de un suelo a una temperatura TX, se calcula mediante la siguiente relación.

$$\text{Peso específico} = (\text{a } t_x ^\circ\text{C}) = \frac{W_s}{V_s} = \frac{W_s}{W_s + W_a - W_b}.$$

Donde:

V_s = volumen de la muestra del suelo secada al horno

W_s = peso de la muestra secada al horno

W_a = peso del picnómetro lleno de agua destilada a $T_x^\circ\text{C}$, hasta la marca de calibración.

W_b = peso del picnómetro lleno de agua y suelo a $T_x^\circ\text{C}$.

T_x = temperatura del suelo y agua destilada en el frasco calibrado, cuando hace la determinación del peso W_b .

Los pesos específicos de los suelos, se indican generalmente referidos a la temperatura de 20°C del agua destilada. Por lo tanto, el peso específico determinado anteriormente, deberá multiplicarse por el coeficiente de conversión K.

El valor de la gravedad específica es necesario para calcular la relación de vacíos de un suelo, se utiliza también en el análisis de hidrómetro y es útil para producir el peso unitario del suelo.

Referencias: AASHTO T 100 – 70 ASTM D854 - 58

Análisis Granulométrico

Se llama también análisis mecánico, y consiste en la determinación de los porcentajes de piedra, grava, arena, limo y arcilla que hay en una cierta masa de suelo.

Si el material es granular, los porcentajes de piedra, grava y arena pueden determinarse fácilmente mediante el empleo de tamices.

En cambio, si el suelo contiene un porcentaje apreciable de material fino (limo + arcilla) que pasa el tamiz N° 200, habrá que utilizar métodos basados en el principio de sedimentación. Generalmente, el análisis granulométrico para suelo finos, limosos, limo arcillosos o arcillosos, se basa, como se ha dicho, en el principio de sedimentación, siendo el método hidrométrico a AASHO Stándard*, el más conocido y empleado. Sin embargo; como éste método demanda mucho tiempo en su realización y exige una serie de operaciones de cálculo y correcciones de peso específico,

temperatura, etc., sugerimos el método práctico propuesto por el autor en 1945. Este es actualmente empleado en varios laboratorios de ensayo de materiales y ha sido debidamente comprobado en el Bureau of Public Roads de los EE.U

Para la clasificación de los suelos es muy importante hacer un Análisis granulométrico ya que este determinará las proporciones relativas de los diferentes tamaños de gramo presente en una masa dada de suelos, la cual determinará si el suelo es aceptable o no para un determinado terraplén.

La información obtenida del Análisis granulométrico se presenta en forma de CURVA, para poder comparar suelos y visualizar más fácilmente la distribución de los tamaños de gramos presentes, porcentaje obtenidos se marcan relacionando los tamaños de las mallas para obtener la curva de distribución del gramo para el tipo de suelo que está en estudio.

Referencias: AASHTO T87 – 70 y T88 – 70 ASTM D421 – 58 y d422

Límites de Consistencia. Los ensayos de límites de consistencia se realizan para identificar y clasificar los suelos, esto ha sido útil en varias zonas geográficas donde el suelo sufre grandes cambios de volumen entre su estado seco y su estado húmedo. Esto dependerá grandemente en la construcción de carreteras.

Referencias: AASHTO T89 – 68 y T90 – 70 ASTM 423 – 66 y D424 – 59

Índice de Plasticidad (IP).- Es el valor numérico de la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico: $IP = LL - LP$

Un índice de plasticidad elevado, indica mayor plasticidad. Cuando un material no tiene plasticidad (ejemplo: arena), se considera el índice de plasticidad como cero, o sea: $IP = NP$ (no plástico)

Por consistencia se entiende el grado de cohesión de las partículas de un suelo y su resistencia a aquellas fuerzas exteriores que tienden a deformar o destruir su estructura.

Los límites de consistencia de un suelo, están representados por contenidos de humedad. Los principales se conocen con los nombres de: límite líquido, límite plástico y límite de contracción.

Límite líquido.... Es el límite entre los estados líquido y plástico de un suelo

Límite plástico... Es el límite entre los estados plástico y semisólido.

Límite de contracción... Es el límite entre los estados semisólido y sólido.

Para interpretar mejor estos límites, como ejemplo, una masa de arcilla. Cuando ésta tiene mucha cantidad de agua es, podríamos decir, “líquida”, pues la arcilla se escurre con la facilidad de una masa líquida, pero a medida que se evapora el agua que contiene, va haciéndose un tanto plástica. Existe, pues un momento en que la masa de arcilla pasa de ese estado “líquido” al estado “plástico”. Este límite entre los estados “líquido” y “plástico” se halla representado por el contenido de humedad del suelo y se llama límite líquido.

Ahora bien, si continua la evaporación del agua, la arcilla perderá elasticidad, y llegará a secarse adquiriendo una consistencia semisólida. A este del estado plástico al semisólido se le llama límite plástico, y su valor está dado por el contenido de humedad que tiene la arcilla.

Finalmente, si el proceso de evaporación continúa, la arcilla adquiere mayor solidez y va contrayéndose hasta que llega un momento en que cesa la contracción, no obstante continuar el proceso de evaporación. A este estado límite en que cesa la contracción del suelo, es al que se llama límite de contracción. Su valor, como en los casos anteriores, está dado por su contenido de humedad.

Permeabilidad

Un material se dice que es permeable cuando permite el paso de los fluidos a través de sus poros. Tratándose de suelos, se dice que éstos son permeables cuando tiene la propiedad de permitir el paso de agua a través de sus vacíos. No todos los suelos tiene la misma permeabilidad; de ahí que se los clasifica, en suelos permeables y suelos impermeables. Se llama impermeables a aquellos (generalmente arcillosos) en los cuales la cantidad de escurrimiento del agua es pequeña y lenta.

Dado que un suelo presenta una maraña de vacíos, de tamaño, forma y distribución compleja y variada, la medida del escurrimiento del agua a través de su masa es mucho más complicada que en un tubo u orificio de forma y dimensiones conocidas.

En algunos casos, para facilitar el drenaje, es conveniente tener un suelo permeable, especialmente en la construcción de las bases y sub-bases de pavimento. En los

suelos permeables, los asentamientos no son peligrosos, pues su consolidación es rápida a causa del escape fácil del agua a través de sus poros.

El grado de permeabilidad de un suelo es medido por su “coeficiente de permeabilidad”.

Capilaridad

La capilaridad viene a ser la propiedad del suelo o permitió el flujo de líquidos en dirección contraria a la de la gravedad (ascensión capilar).

La altura capilar es mayor en suelos limosos que en suelos arenosos.

Para disminuir la capilaridad, debe procurarse que la capa Napa freática se encuentre a una profundidad no menor de 2 mts., debajo del nivel inferior de la sub – rasante, ya que de esto dependerá mucho el buen estado de un pavimento.

En la construcción de autopistas, carreteras, calles y pistas de aterrizaje, es importante tomar en cuenta el agua capilar existente en el terreno de fundación que queda encima de una napa freática. La presión del agua capilar en los poros, o vacíos, del suelo que servirá de fundación al pavimento que se vaya a construir, es negativa e inferior a la presión atmosférica.

Las presiones capilares actúan entre las partículas de un suelo y aumentan su resistencia. Debido a presiones capilares, las arenas de playa presentan buena resistencia, llegando a ser utilizadas como pistas para automóviles.

Determinación de la capilaridad

Cuando introducimos verticalmente un tubo de vidrio, de diámetro pequeño, en un depósito lleno de agua, observamos que el agua, por acción capilar, sube en el tubo hasta una determinada altura es inversamente proporcional al diámetro del tubo.

La altura capilar que alcanza el agua en un suelo, se determina considerando una masa de tierra como si fuera un enjambre de tubitos capilares formados por los vacíos existentes en su masa. Esta es la llamada teoría del “tubo capilar”, que mide lo que se conoce como “capilaridad potencial”.

Si bien la teoría del tubo capilar, no explica la distribución del agua capilar a través de una columna de suelo y considera el fenómeno capilar únicamente como una función

de la tensión superficial, nos proporciona un medio práctico para medir la ascensión capilar en los suelos.

Humedad óptima y densidad máxima

La compactación de suelos constituye un capítulo importantísimo y se halla íntimamente relacionada con la pavimentación de carreteras, vías urbanas y pistas de aterrizaje.

La falta de adecuada compactación, es causa de muchas fallas en los pavimentos. La estabilidad de una obra vial exige, entre otras cosas, que los terraplenes y las diferentes capas de un pavimento se hallen debidamente compactados. Ésta compactación deberá efectuarse mediante equipos especiales: aplanadoras, rodillos lisos o de llantas, rodillos “pata de cabra” y vibra flotadores.

A fin que el material a compactarse alcance la mayor densidad posible en el terreno, deberá tener una humedad adecuada en el momento de la compactación. Esta humedad previamente determinada en un laboratorio de suelos, se llama “humedad óptima” y la densidad obtenida se conoce con el nombre de “densidad máxima”.

Referencias: AASHTO T99 – 70 y T180 – 70 ASTM D 698 – 70 y D1557 – 70

La compactación del suelo se mide relación a la densidad en kg/cm^3 . Un suelo suelto puede pesar 1605 kg/cm^3 y tener una densidad de 1925 kg/cm^3 , después de compactado, la densidad del suelo puede haber aumentado en razón de 310 kg/cm^3 . Para saber el valor de la densidad del suelo con respecto al sitio de una obra dada, se toma una muestra del suelo a un laboratorio de pruebas y se realiza una prueba de factor.

Algunas consideraciones:

Con cierta humedad, el suelo alcanza una densidad máxima al aplicarle una cantidad específica de energía de compactación.

La densidad máxima que se obtiene bajo éstas condiciones se llama Densidad Proctor 100%.

El valor de la humedad en el punto de densidad máxima se llama HUMEDAD OPTIMA.

Cuando se compacta el suelo para obtener una humedad superior o inferior la óptima usando el mismo esfuerzo de compactación, la densidad del suelo es menor que la obtenida cuando se compacta con humedad óptima.

El valor Proctor 100% que así se obtiene se utiliza como base para medir el Grado de Compactación del suelo. Este valor de Densidad PROCTOR 100% puede entonces considerarse como la medida ESTÁNDAR para la compactación.

Se establece la curva Proctor para el suelo y determinar su densidad de 100%.

2.3.1.5 VEHÍCULOS

Representación General

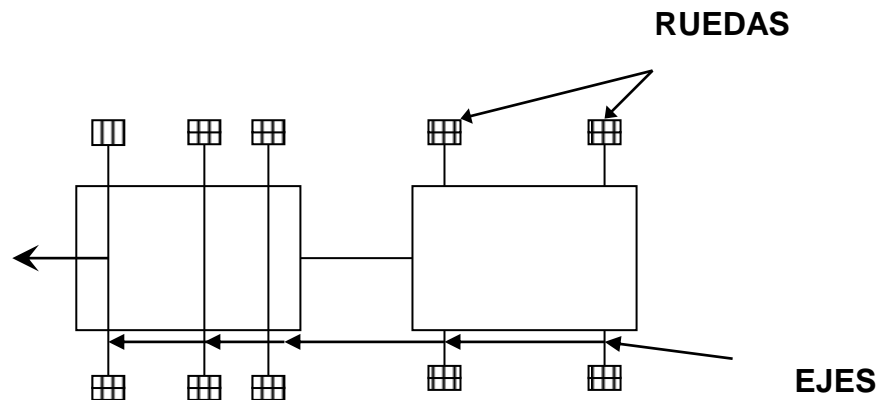


Fig. N° 3: Representación del Tren de Cargas

Vehículo de carga. Vehículo motorizado destinado al transporte de bienes. Puede contar con equipos adicionales para prestación de servicios especializados.

Eje Motriz. Utilizado para transmitir la fuerza de tracción; no todos los ejes de un vehículo llevan la misma carga. Pueden ser tipo simple, dual y eje doble o Tandem.

Peso Máximo por Eje. Es la carga permitida según el tipo de eje.

Tipos de Vehículos

Representación: Según la ASHTO: Hm Sn, donde:

H = Unidad Motriz

m = Carga total en los ejes de la unidad motriz

S = Semi trailer

n = Carga del eje posterior del semi tráiler

Camión Americano. Es un camión tractor con un semi trailer que tiene peso total de 36 toneladas de las cuales 4 toneladas corresponden al eje delantero, 16 ton. Al posterior y 16 al semi trailer.

Ejemplo: H20 S16: significa que tiene 20 ton. La unidad motriz y 16 toneladas el semi trailer.

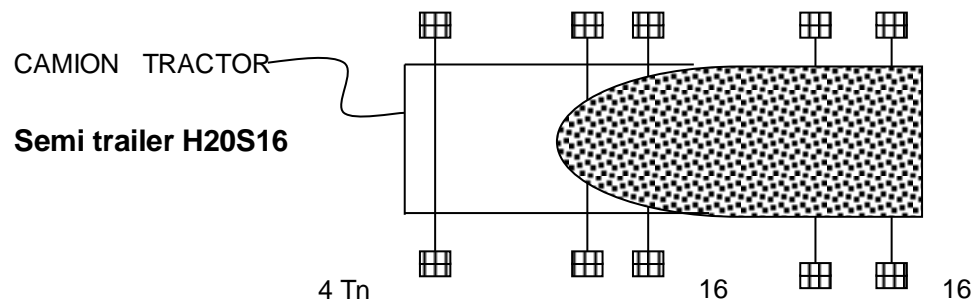


Fig. N° 4: Representación del camión semitráiler H20S16

El diseño del pavimento se supedita a la carga máxima legal de fabricación por eje.

La que está dada en función del tipo de vehículo y cuyos valores máximos se encuentran especificados en el “Reglamento de Peso y Dimensión Vehicular para la Circulación en la Red Vial Nacional”, aprobado por DS N° 013-98 – MTC del 5/06/1998.

Área de Contacto

Ciertamente, las huellas de los neumáticos no son perfectamente circulares y su forma depende de múltiples factores de fabricación del neumático. La relación existente entre las Áreas de contacto circulares, elíptico y casi rectangulares.

Podemos considerar que tal huella tiene una forma elíptica y que las presiones se encuentran repartidas sobre dicha superficie solo en forma aproximadamente igual.

Se toman como área de contacto de rueda, la relación existente entre la carga por rueda (W) y la presión de inflado P. O sea:

$$\text{Área de contacto} = \frac{\text{Carga por rueda}}{\text{Presión de inflado de la llanta}}$$

Tabla N° 04: Relación sobre la presión de inflado y la presión de contacto

Carga por Rueda	Presión de Inflado a la Rueda	Presión de Contacto a la Rueda
30000 lb	98 lb/pulg ²	87 lb/pulg ²
100 000 lb	98 lb/pulg ²	101 lb/pulg ²
150 000 lb	103 lb/pulg ²	100 lb/pulg ²

Dimensiones y Distribución de Carga

Cargas H (H₁₀, H₁₅, H₂₀)

Cargas H – S (H₁₅ S₁₂, H₂₀ S₁₆)

P = Peso del vehículo = Peso bruto + carga

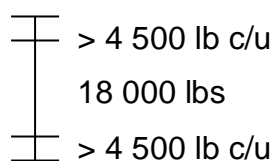
Carga por Rueda Equivalente. Para efectos de diseño se reemplaza con una sola rueda el conjunto de la rueda dual. Hay que tener en cuenta que el pavimento se ve afectado por la rueda independiente más la influencia de la carga que produce la rueda próxima a ella. Aceptándose 30% e esta carga, luego si tenemos una rueda de 4,500 lbs, obtendremos una carga equivalente de $4,500 + 30\% (4,500) = 5,850$ libras (Diseño 6,000 lbs.).

Carga equivalente para rueda simple equivalente, la que resulta de corregir las cargas estáticas reales de los vehículos por la influencia que produce el aumento de rueda o ejes al vehículo con el fin de reducir los efectos de las cargas de servicio sobre el pavimento y disminuir los esfuerzos que lleguen a este.

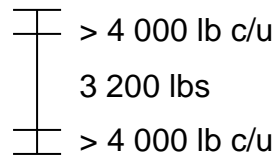
Cargas límites por eje (en vehículos americanos)

Carreteras: Reparto de cargas proporcionales a c/u de los ejes:

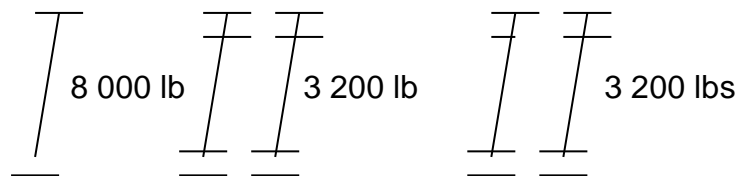
Eje Simple (dual) = 18 000 lb/eje



Eje Doble (tándem) = 32 000 lbs/eje



H₂O S₁₆



La influencia de una rueda por eje simple dual es del orden del 30%, por lo que la carga por rueda equivalente resultaría:

$$4\,500 \times 1.3 = 5\,850 = 6\,000 \text{ lbs}$$

Para rueda equivalente de eje tandem se considera una influencia del 15%

$$4\,000 \times 1.3 = 5\,200 \times 1.15 = 5\,980 = 6\,000 \text{ lbs}$$

2.3.1.6 ASFALTOS

Los Asfaltos son materiales aglomerantes y aglutinantes de color oscuro, constituido por mezcla completa de hidrocarburos no volátiles de elevado peso molecular.

Los asfaltos naturales suelen ocurrir en depresiones de la corteza terrestre constituyendo los "Lagos de Asfalto" (Trinidad, Bermudas) o aparecen impregnados en poros de roca formando las llamadas "Rocas Asfálticas" (gilgonita). Se encuentra también mezclados con impurezas minerales. Actualmente, la mayor parte del Asfalto producido y empleado en el mundo es extraído del petróleo, del cual es obtenido exento de impurezas, siendo este completamente soluble en bisulfuro de carbono o Tetracloruro de carbono.

El Asfalto es un material -sólido, semisólido o líquido en consistencia de color marrón oscuro a negro, en el cual los constituyentes predominantes son los bitúmenes, el cual se encuentra en estado natural o es obtenido como residuo en refinación de petróleo.

Bitumen. Mezcla de hidrocarburos obtenidos en estado natural o por diferentes procesos físico – químicos, con sus derivados de consistencia variable y con poder

aglutinante e impermeabilizante, siendo soluble en Bisulfuro de Carbono C25.m El elemento aglutinante activo que constituye el asfalto se llama bitumen

2.3.1.6.1 ASFALTOS DE PETRÓLEO

Producidos por el refino del petróleo en unidades de destilación primaria y de vacío. El producto obtenido del fondo de la destilación primaria (RUP O crudo reducido) es destilado a 1 psi de presión de vacío y alta temperatura (700 °F).

El producto obtenido por los fondos de la torre de vacío se llama “Residual Asfáltico” o Cemento Asfáltico de Petróleo (CAP), semisólido a temperatura ambiente. Dicho CAP es obtenido a diferentes viscosidades que mide sus consistencias.

Con CAP no preparamos mezclas asfálticas en frío

2.3.1.6.2 TIPOS DE ASFALTOS DE PETRÓLEO

PARA PAVIMENTACIÓN:

Cementos Asfálticos

Emulsiones Asfálticas

Asfaltos Diluidos

Asfaltos Modificados

PARA USO INDUSTRIAL:

Asfaltos Oxidados

CEMENTOS ASFÁLTICOS:

Es un material ideal para aplicaciones en trabajos de pavimentación por sus propiedades aglutinantes, impermeabilizantes, flexibilidad, durabilidad y alta resistencia a los ácidos y álcalis en general. Se clasifican de acuerdo a su consistencia medida por la viscosidad dinámica o absoluta o por su penetración (PEN).

Una viscosidad de un asfalto así obtenido es inversamente proporcional al vacío (menor presión) en la torre.

Viscosidad: absoluta y dinámica

Poison = $\frac{f \times t}{A}$

A = área; f = dinos; t = tiempo seg

Los asfaltos así obtenidos son denominados con la siguiente nomenclatura:

CAP.PEN: 60/70 (Penetración 60 a 70)

CAP.PEN: 85/100 (Penetración 85 a 100)

Zonas muy calurosas = cementos asfálticos de penetración baja

Zonas muy frías = cementos asfálticos de penetración alta.

Grado de penetración $W = 100 \text{ gr}$ $\left\{ \begin{array}{l} \text{Aguja de penetración} \\ t = \text{segundos} \end{array} \right.$

ASFALTOS DILUIDOS CON SOLVENTE DE PETRÓLEO (Cut-Back)

Llamados Asfaltos rebajados resultantes de la dilución de Cementos Asfálticos por algún destilado de petróleo.

Los diluyentes utilizados funcionan como vehículos resultando productos menos viscosos que pueden ser aplicables a temperaturas más bajas.

De acuerdo al tiempo de cura determinado por la naturaleza del diluyente utilizado se clasifican en:

RC : Asfaltos de cura rápida (26% gasolina pesada)

MC : Asfaltos de cura media (30% kerosén)

LC : Asfaltos de cura lenta rápida (35% diesel)

EMULSIONES ASFÁLTICAS (Asfaltos diluidos con agua)

Son dispersiones de cementos asfálticos en fase acuosa, con tiempo de ruptura variable. El tiempo de ruptura depende entre otros factores, de la cantidad de Agente Emulsificante, la viscosidad depende de la ligación del residual asfáltico.

La cantidad de emulsificante varía entre 0.2% a 1.0% y la cantidad en un orden de 60 - 70%.

Antes de la ruptura es de color marrón y depósitos negros constituyendo esta característica un elemento auxiliar para la inspección ocular y constatación rápida de las condiciones del producto.

Las partículas de Asfalto dispersas en la emulsión son visibles al microscopio variando su tamaño de 1 a 10 micras.

ASFALTOS MODIFICADOS

El asfalto modificado es aquel que mediante un proceso de mezclado a alta temperatura y esfuerzo cortante, se le incorporan polímeros para formar una “RED” tridimensional que atrapa dentro de sus espacios a las moléculas del asfalto.

Esta red absorberá gran parte de los esfuerzos a los que se vería sometido el asfalto en un pavimento.

Un Aditivo puede ser:

MONOMERO = Una Unidad

Ejemplos: Estireno (S), Butadieno (B), Etileno, Propileno.

POLIMERO = Muchas unidades

Ejemplo: Poliestireno (S) “duro”, Polietileno, polibutadieno, “flexible”, polipropileno, poliéster, etc.

COPOLIMERO = Formado por 2 monómeros diferentes.

Ejemplo: Estireno (S) + Butadieno (B)

Dentro de ésta Red Radial, en la que los Dominios de Poliestireno hacen la función de ANCLAS entre los diferentes elementos de la red y las cadenas de polibutadieno son la componente elástica de la misma.

Dentro de estos espacios es en donde las partículas de asfalto quedan incorporados y en consecuencia “protegidas” tanto del medio ambiente como de los esfuerzos a los que está regularmente sometido un pavimento

2.3.1.6.3 RIEGOS ASFÁLTICOS

Imprimación. Es un riego de asfalto diluido que se coloca sobre la superficie de la base a fin de impermeabilizarla.

Generalmente se usan los tipos de asfaltos diluidos MC (curado medio) para que demore en fraguar y tenga tiempo de penetrar en los poros del afirmado. En el Perú normalmente nos vemos obligados a imprimir en RC-250, agregándosele un 10% de kerosén.

También se pueden utilizar alquitranes (RT) o emulsiones (RS); la base debe estar porosa.

Su aplicación se efectúa con un tanque regador a lo largo de su barra esparcidora en una cantidad aproximada de 1 a 2 litros/m² de acuerdo a la porosidad del material granular.

Riego de Liga. Es la imprimación sobre un pavimento asfáltico antiguo. En este caso se usa el RC, porque ya no se necesita tanta penetración. Puede ser un RC – 1,2 ó 3, en alquitranes RT-6,7 ó 8, en emulsiones RS – 1. Proporción ½ lit/m².

Riego de Sello. Es la que se aplica sobre la carpeta terminada se da un riego de producto asfáltico que cubre un riego de material predeterminado, compactado por medio de dos pasadas de un compactadora de rodillo liso de 4.5 a 7.0 ton y posteriormente se compacta las veces que sea necesaria.

2.3.1.6.4 MEZCLAS BITUMINOSAS

Carpeta de desgaste o sello. Está formado por una aplicación bituminosa de asfalto o alquitrán y tiene por objeto sellar la superficie pavimentada, impermeabilizándola a fin de evitar la infiltración de las aguas de lluvia. Además protege la capa de rodamiento contra la acción abrasiva de las ruedas de los vehículos.

Los materiales bituminosos que se emplean pueden ser asfaltos líquidos, emulsionados o de penetración y alquitranes. Los tipos de asfalto generalmente empleados son RC-3,4 o 5, MC-4 o 5, RS – 1; penetración 85-100, 100-120, los alquitranes RT-6,7 o 8.

Estos materiales son aplicados por medio de un distribuidor a presión, en cantidades que varían de 0.5 a 1,5 lit/m² según las características de la capa de sello.

Los sellos pueden o no llevar una cubierta secante (blotter) de Arena o agregado fino. En caso de colocarse una cubierta de material pétreo, la cantidad a emplearse varía, generalmente entre 5 y 10 km/m². Se esparce con camión de tolva, pero en MARCHA ATRÁS, para evitar que “Levante el asfalto”. El sellado se hace después de 2,3 ó 4 años para conservar el pavimento.

Tratamientos superficiales. Se colocan en una o varias capas. Con o sin carpeta de sello. Los asfaltos y alquitranes que se emplean son los llamados líquidos o diluidos (CUT-BACKS) del tipo RC y RT. El espesor de éstas capas es de aproximadamente 1". Este tipo se emplea comúnmente para tránsito ligero.

Hay tratamientos del tipo Mono – Bi o Múltiple capa; es recomendable hasta 2 capas. El agregado debe ser uniforme para que pueda ser acomodado, por lo tanto tendrá una curva granulométrica “parada” porque casi todos sus elementos son del mismo diámetro.

Hay que tener en cuenta que un tratamiento mono – capa nos da una superficie irregular por lo que se recomendarán 2 capas.

Se inicia el proceso constructivo con un riego de imprimación y luego el primer riego asfáltico.

Seguidamente viene el esparcido del agregado que puede ser manual o con camión de tolva marcha atrás.

Tabla N° 05: Proporciones de Agregado – Asfalto por m²

CAPAS	AGREGADO	PROP. ASFALTO	PROP. AGREGADO
1ra Capa	3/8" – 3/4"	040 gl/m ²	25 gl/m ²
2da. Capa	3/8" – N° 10	0.30 gl/m ²	12 gl/m ²
Sello Fino	Arena	0.25 gl/m ²	11 gl/m ²

Ensayo para la determinación de las propiedades del asfalto.

Ensayos para betunes asfálticos

Penetración.- Determina la dureza o consistencia relativa de un betún asfáltico, midiendo la distancia que una aguja normalizada penetra verticalmente en una muestra del asfalto en condiciones específicas de temperatura, carga y tiempo.

Viscosidad.- Grado de consistencia. Determina el estado de fluidez de los asfaltos a la temperatura que se emplean durante su aplicación. Para el ensayo se usa un viscosímetro SAYLBOT con orificio FUROL. Se coloca en un tubo normalizado curado con un tapón de corcho con cantidad especificada de betún asfáltico.

Punto de inflamación.- Determina la temperatura a que puede calentarse el betún asfáltico sin peligro de inflamación en presencia de llama libre, la que es muy inferior a la que el material ardería (punto de fuego) (2)

Ensayo en estufa en película delgada.- Se emplea para prever el endurecimiento que puede esperarse se produzca en un betún asfáltico durante las operaciones de mezclado en las plantas.

Se mide por ensayos de penetración antes y después del tratamiento en estufa.

Se expresa la penetración del betún asfáltico después del tratamiento en la estufa como % de la penetración antes del tratamiento.⁽²⁾

Ductilidad.- La presencia o ausencia de ductilidad tiene más importancia que el mismo grado de ductilidad en los betunes asfálticos.

Los dúctiles tienen normalmente mejores propiedades aglomerantes que los no dúctiles.

El movimiento se deforma a mucha ductilidad y presenta dificultades al rodamiento ondulaciones y pérdida de la rasante.

Un ligante dúctil no se agrietará ni dejará que el agua penetre en la masa del firme, se hace más impermeable.⁽²⁾

Solubilidad.- Determina el contenido de betún puro en los betunes asfálticos. La porción de betún asfáltico soluble en sulfuro de carbono está constituida por los elementos aglomerantes activos. La mayor parte de los betunes asfálticos se disuelven en igual proporción en sulfuro de carbono y en tetracloruro de carbono que no es inflamable, por lo que se prefiere este último. La determinación de la solubilidad es simplemente un proceso de disolución del betún asfáltico en un disolvente, separando el material insoluble.

Peso específico. - El conocimiento de este ensayo es útil para efectuar las conexiones volumen cuando este se mide a temperaturas elevadas.

Se emplea también para determinar los huecos en las mezclas asfálticas para pavimentaciones compactadas.

Punto de reblandecimiento.- Determina el grado de reblandecimiento o suavización de los betunes asfálticos. Los asfaltos de diferentes tipos reblandecen a diferente temperatura.

Consiste en llenar de asfalto fundido en anillo de latón de dimensiones normalizadas, la muestra así preparado se suspende en un baño de agua y sobre el centro de la muestra se sitúa una bola de acero de dimensiones y pesos especificados. Luego se calienta el baño a una velocidad determinada y se anota la temperatura en el momento en que la bola de acero toca el fondo del vacío de cristal. Esta temperatura se llama punto de ablandamiento del asfalto.

2.3.1.6.5 MACADAM DE PENETRACION

Son sucesivas capas de material pétreo y asfalto regado a presión, el que se introduce en los vacíos del agregado; procedimiento inverso al anterior. Es difícil la rodillada, a antieconómico y se utiliza muy poco.

Los asfaltos que se emplean son aquellos cuya penetración está comprendida entre 85 y 150; los alquitranes usados son los del tipo más viscoso. El espesor de estas capas varia entre 2.5" y 6".

2.3.1.6.6 MEZCLAS ASFÁLTICAS

Elaborados "en planta" y se aplican "EN FRÍO" o en "CALIENTE". Dan origen a las llamadas carpetas asfálticas; pueden usarse algunos asfaltos líquido, pero preferentemente se emplean cementos asfálticos cuya penetración está comprendida entre 85 y 200. El espesor es generalmente mayor a 2". Las capas formadas por las mezclas bituminosas no deben tener espesores menores a 1", recomendándose 5" como espesor máximo.

El árido debe ser de buena calidad y está conformada por piedra y arena a los mismos que se les debe hacer la prueba de abrasión y de durabilidad. Los porcentajes deben ser como máximo de 30 a 40% ya que de lo contrario no es un material aceptable.

DURABILIDAD.- Se efectúa este ensayo a la arena introduciéndola en una cubeta que contiene un producto químico (sulfato de sodio) que desmenuza el material al escobillarlo. Se expresa la parte desmenuzada como un porcentaje del peso inicial el que debe ser de 12 a 15%. Luego se lleva el árido a un aplanta que a través de una faja transportadora hace que se produzca el mezclado con el asfalto ligero calentado.

b) Mezclas en caliente

MEZCLA ASFÁLTICA	=	ARIDO	+	LIGANTE
		(Piedra + arena + filler)		+(Cemento asfáltico)

Las mezclas asfálticas en caliente, se usan como carpeta de 1", 2", 3", 4" y hasta 5"; las de 1" se colocan como recubrimiento o repavimentación de pavimentos antiguos los de 4" y 5".

Normalmente se colocan en 2 capas y se preparan en plantas asfálticas especiales que alcanzan los 18°C y hasta 200°C, para calentar los agregados con hornos y el cemento asfáltico, produciendo de esta manera la mezcla asfáltica para ser transportadas a obra. El filler no se calienta y entra en poca proporción.

Filler.- Es un agregado fino que viene a ser un "rellenador mineral" que es lo que falta al árido para cerrar su granulometría. También se utiliza el polvo mineral. Es recomendable que pase el 100% de la malla N° 40 y 50% de la mallas N° 200; pueden ser cemento Portland, cal o cualquier material fino no plástico que cumpla con los requisitos que exige la mezcla asfáltica.

Es necesario que el material pétreo o "Agregado" tenga una buena resistencia (porcentaje de desgaste, según prueba "Los Ángeles", menor de 40%) y este bien graduado. La granulometría que debe tener el material pétreo dependerá del tipo de asfalto y de la mezcla a emplearse. Las propiedades deseadas que debe tener una mezcla de concreto de cemento asfáltico para desarrollar un adecuado comportamiento en la carpeta asfáltica son:

Estabilidad	Durabilidad
Resistencia a la fatiga	Resistencia al deslizamiento
Trabajabilidad	Flexibilidad
Impermeabilidad	

Se puede considerar que la intemperie afecta mucho a la durabilidad y a la resistencia a la fatiga, debido a que el proceso de deterioro de estas propiedades está relacionado con la evaluación del grado de oxidación y endurecimiento de cemento

asfáltico, que se ve afectado principalmente por el porcentaje de vacíos obtenido en la mezcla asfáltica.

2.3.1.6.7 DISEÑO DE MEZCLAS

Es una mezcla asfáltica en caliente de pavimentación, el asfalto y el agregado son combinados en proporción exactas. La proporción relativa de estos materiales determinan las propiedades físicas de la mezcla y eventualmente el desempeño de la misma como pavimento terminado. Existen dos métodos de diseño comúnmente utilizados para determinar las proporciones apropiadas de asfalto y agregados en una mezcla. Ellos son el método Marshall y el método Hueen.

Ambos métodos de diseño son ampliamente usados en el diseño de mezclas asfálticas de pavimentación.

La selección y el uso de cualquiera de estos métodos de diseño de mezclas es, principalmente, asunto de gustos en ingeniería, debido a que cada método contiene características y ventajas singulares. Cualquier método puede ser usado con resultados satisfactorios.

CARACTERÍSTICAS Y COMPORTAMIENTO DE MEZCLAS

En una muestra elaborada en laboratorio se determina el desempeño en la estructura de un pavimento.

El análisis se enfoca hacia cuatro características de la mezcla y la influencia que estas puedan tener en el comportamiento de la mezcla.

Densidad de la Mezcla

Vacíos de Aire

Vacíos en el Agregado Mineral

DENSIDAD DE LA MEZCLA

Está definida como su peso unitario (peso del volumen específico de la mezcla), la densidad es una característica muy importante para el supervisor, debido a que es esencial tener una alta densidad en el pavimento terminado para obtener un rendimiento duradero.

Generalmente se expresa en Kg/cm³ en Lb/p³

VACIOS EN EL AIRE

Son espacios pequeños de aire o bolsas de aire que están presentes entre los agregados revestidos en la mezcla final compactada.

El porcentaje permitido de vacíos (en laboratorios para capas de base y capas superficiales está entre 3 y 5% dependiendo del diseño específico.

La Durabilidad de un pavimento está en función de su contenido de vacíos.

Un contenido alto de vacíos preparación a espacios a través de la mezcla para los; cuales pueda entrar agua, el aire y causar deterioro.

VACIOS EN EL AGREGADO MINERAL

VMA son los espacios de aire que existen entre las partículas de agregados de una mezcla compactada de pavimentación incluyendo los espacios que están llenos de asfalto. El VMA representa el espacio disponible para acomodar el volumen efectivo de asfalto.

CONTENIDO DE ASFALTO

La proporción de asfalto en las mezclas es importante y debe ser determinada exactamente en el laboratorio y luego controlada con precisión en la obra.

El contenido óptimo del asfalto en una mezcla depende de granulometría y capacidad de absorción.

Entre más finos contenga la graduación de la mezcla mayor será el área superficial total.

PROPIEDADES CONSIDERADAS EN EL DISEÑO DE MEZCLAS

El objetivo del procedimiento es el de garantizar que la mezcla posea cada una de las siguientes propiedades.

ESTABILIDAD

Es su capacidad para resistir desplazamientos y deformación bajo las cargas del tránsito (mantener su forma y lisura bajo cargas repetidas).

DURABILIDAD

Es su habilidad para resistir factores como la desintegración del agregado, cambios en las propiedades del asfalto.

IMPERMEABILIDAD

Es la resistencia al paso del aire y agua hacia su interior, o a través de él. Está relacionado con el contenido de vacíos en la mezcla compactada.

TRABAJABILIDAD

La facilidad con que una mezcla de pavimentación puede ser colocada y compactada.

FLEXIBILIDAD

Es la capacidad de un pavimento asfáltico para acomodarse sin que se agriete.

RESISTENCIA A LA FATIGA

Es la resistencia a la flexión repetida bajo las cargas de tránsito.

Según investigación los vacíos y la viscosidad del Asfalto tienen un efecto considerable sobre la resistencia de la fatiga.

RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO

Es la habilidad de una superficie de pavimento de minimizar el deslizamiento o resbalamiento de las ruedas de los vehículos particularmente cuando la superficie esta mojada.

ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE LA CALIDAD DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS

Ensayo Marshall.- Ensayo para mezclas en caliente que contienen betún asfáltico y áridos cuyo TMA no excede de 1". Determina la estabilidad fluencia Marshall, el análisis de la densidad y el contenido de vacíos de la probeta; y el porcentaje óptimo de asfalto de la mezcla.

Se preparan probetas de mezcla asfáltica de 2½" Y 4" de diámetro, mediante procedimiento especificados compactándolos por impacto. Se determinan la densidad y los vacíos de las probetas compactadas, que a continuación se calicata a 60°C durante 20 min. Para la estabilidad y fluencia Marshall; la probeta se coloca entre unas mordazas especiales y se carga imponiéndole una deformación de 2" pulgadas por minuto hasta que la muestra falle. La falla está definida como la carga máxima que la briqueta puede resistir.

La carga de falla se registra como el valor de estabilidad Marshall y la lectura del medidor de fluencia se registra como la fluencia, que suele expresarse en centésimos de pulgada. Se ensayan probetas similares con contenidos de asfalto por encima y debajo del óptimo estimado deteniéndose otros resultados ploteados en una curva sirven para determinar en una curva sirven para determinar el contenido óptimo de asfalto de la mezcla y algunos de sus características físicas.

Ensayos de Hueen

El objetivo es el mismo que el anterior solo se usa equipos especiales como el estabilómetro y para el contenido óptimo de asfalto el equivalente centrífugo en kerosén. Se compactan probetas igual que lo anterior por procedimiento normalizado en un compactador por amasado. Luego de determinar la densidad y los huecos y calentarse a 60°C se comete al ensayo en el estabilómetro de Hueen que en realidad efectúa un ensayo triaxial en que se aplican cargos verticales y se miden las presiones laterales desarrolladas para determinados valores de la carga vertical.

Luego viene el ensayo del cohesiómetro que es un ensayo de flexión en el que la probeta se rompe por fracción. Finalmente se determina el óptimo contenido de asfalto con el equivalente centrífugo de kerosén.

2.3.1.6.8 DISEÑO DE PAVIMENTO

El diseño estructural de pavimentos flexibles es la razón fundamental de todo proyecto vial.

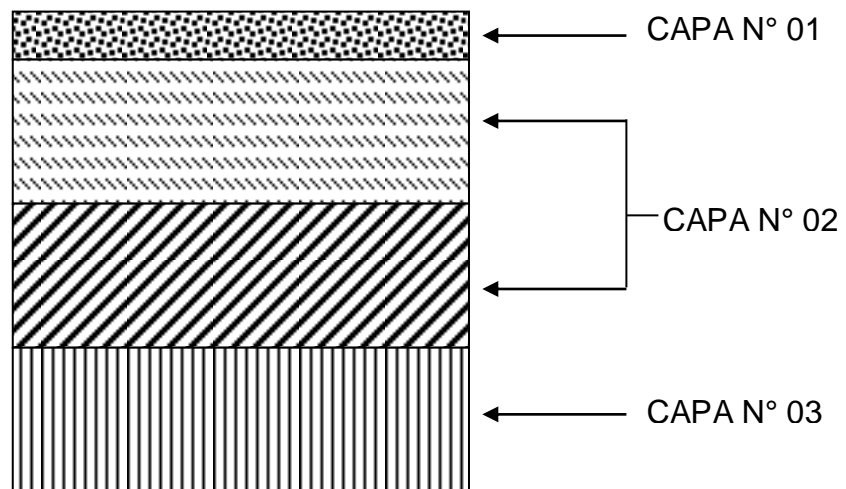
Los variables que se utilizan en el diseño son en algunos casos mediciones “in situ” y en otros, datos empíricos que se utilizan para la elaboración de los espesores de los pavimentos.

Si se realiza un buen diseño del pavimento y una buena construcción del mismo se tendrá una formidable respuesta de parte del pavimento por su comodidad, seguridad y durabilidad.

El pavimento no necesariamente puede ser de una capa o de igual resistencia por capa. Cuanto más profunda una capa, menor podrá ser su resistencia, pues las cargas que a ella se transmiten serán más reducidas por llegar más repartidos.

2.3.1.6.8.1 Estructura del Pavimento Flexible

Figura N° 05



CAPA N° 01.- Rodadura; pudiendo ser de: mezclas asfálticas en caliente, mezclas asfálticas en frío, tratamientos superficiales.

CASO N° 02.- Base y/o sub-base; pudiendo ser: mezcla asfáltica en caliente, mezcla asfáltica en frío, suelo procesado, suelo estabilizado, suelo natural.

CASO N° 03.- Llamado también sub-rasante o suelo de fundación; pudiendo ser de: suelo procesado, suelo estabilizado, suelo natural.

Los espesores de los pavimentos y sus respectivas capas están relacionados con las variables características que intervienen en el diseño de los pavimentos.

2.3.1.6.8.2 Consideraciones de Diseño Estructural de Pavimentos

Comportamiento del Pavimento

Tráfico

Suelo Sub-rasante

Materiales de Construcción

Clima

Drenaje

Confiabilidad

Costo y Ciclo de Vida

Diseño de Bermas

Comportamiento del Pavimento

El comportamiento del pavimento está relacionado con la funcionalidad del mismo, esta característica proviene: de la estructura del pavimento, las condiciones físicas y los agentes externos que dañan al pavimento.

Años atrás se tomaron conceptos preponderantes, donde se determinaba la relación *serviciabilidad - comportamiento* de los pavimentos donde se verificaba cual era el servicio o hasta qué punto servía el pavimento construido y se tomaba en conjunto con el comportamiento que este tenía en su vida útil.

El Tráfico

Está basado en las cargas esperadas y acumulativas de un eje equivalente a 18,000 lbs. Durante el período de análisis.

Para cualquier situación de diseño donde la estructura inicial del pavimento se espera que dure todo el periodo de análisis sin ninguna obra de rehabilitación, todo lo que se requiere es el ESAL ha acumulado en todo el periodo de análisis. Si se considera una rehabilitación en el periodo de análisis, el diseñador debe definir los tráficos acumulados en cada capa.

Suelo Sub-rasante

El comportamiento de los Suelos de Sub-rasante (suelos de fundación) tiene una gran influencia en los pavimentos porque sobre ellos descansan y reciben todas las cargas que son transmitidas por el mismo pavimento. La representación del suelo de fundación en el diseño de estructuras es por medio del **Módulo de resiliencia (M_r)** y por este factor se puede definir el tipo de pavimento que se colocará en la vía proyectada. Es importante precisar que la obtención del módulo resiliente (modulo dinámico) es compleja porque no se tiene un número constante puesto que puede variar según las condiciones climáticas o drenaje y esto hace variar los resultados de los diseños calculados. Se trabajará con el promedio de todos los valores de (M_r) obtenidos.

Materiales de Construcción

El conocimiento de los tipos de materiales de construcción disponibles en las proximidades del proyecto tiene una gran influencia en los aspectos de costos y comportamiento de la estructura. También se debe considerar que para el cálculo de los espesores del pavimento se deben tener las características bien definidas de los

materiales que conformaran el pavimento como son la base granular y la carpeta asfáltica y estos a su vez tengan otros materiales de condiciones favorables que las constituyen como son: el cemento, el filler, suelos de buena granulometría, asfaltos, aditivos, etc.

El Clima

Normalmente el clima afecta las condiciones de la sub-rasante y capa de rodadura. Climas cálidos reducen la estabilidad de las mezclas asfálticas por otro lado en climas fríos las mezclas asfaltadas tienen gran potencia de sufrir fisuración, asimismo en zonas de grandes alturas y climas tropicales las capas de superficie asfáltica están sujetas al efecto de oxidación del cemento asfáltico. En otras áreas la presencia de suelos de sub-rasante expansivos y/o susceptibles de helarse pueden verse muy afectados por el clima. El clima esta comúnmente acompañado de dos agentes importantes, negativos para el pavimento como son:

La Temperatura.

El agua

Estos agentes externos actúan en desorden y el pavimento debe estar protegido contra estos dos agentes perjudiciales para la estructura del pavimento.

Drenaje

Tradicionalmente las capas de base y sub-base granular del pavimento fueron diseñadas solamente por aspectos de resistencia dando escasa importancia al drenaje. Una buena base granular debe ser diseñada para drenar rápidamente el agua del pavimento. La drenabilidad del material o calidad de drenaje es función de varios aspectos incluyendo la permeabilidad del material, su distribución granulométrica, el porcentaje de material finos (pasante la malla N°200) y las condiciones geométricas de la superficie y sub-rasante del pavimento.

Confiabilidad

La confiabilidad se refiere al nivel de probabilidad que tiene una estructura de pavimento diseñada para durar a través del periodo de análisis. La confiabilidad del diseño toma en cuenta las posibles variaciones de tráfico previsto así como en las variaciones del modelo de comportamiento AASHTO, proporcionando un nivel de

confiabilidad (R) que asegure que las secciones del pavimento duren el periodo para el cual fueron diseñadas.

Costo y Ciclo de Vida

Los espesores mínimos de las capas del pavimento, han sido establecidos de acuerdo a los procedimientos descritos anteriormente y luego de ser verificado de acuerdo a limitantes en su construcción y mantenimiento, el costo de inversión inicial del pavimento debe ser minimizado para proveer una alternativa de diseño para cada combinación de materiales considerados.

Diseño de Bermas

Las bermas son las calzadas lindantes de la rasante o carpeta de rodadura de la carretera y que comúnmente sirven de auxiliares para la parada de vehículos en mal estado, también como vías secundarias contra el alto tráfico de la carretera; por lo tanto se considera como mínimo en W_{18} del 2% del carril de diseño.

Consecuentemente no se requiere del mismo espesor de la calzada.

2.3.1.6.8.3

Métodos para el Diseño de Pavimento Flexible

Para el diseño del pavimento flexible existen los siguientes métodos:

Método del índice de grupo

Método de WYOMING

Método del CBR

Método de la FAA

Método de HUEEN

Método de la US NAVI

Método Francés

Método Canadiense o de MCLEOD

Método de la AASHTO

Método del AISC o del Instituto del Asfalto.

Para el caso del presente informe de ingeniería utilizaremos el método del CBR. ⁽⁷⁾

2.3.1.6.8.3.1 Método del Índice de Grupo

Método que se basa en las características físicas del material y, principalmente en su composición granulométrica y grado de plasticidad. De este modo bastará efectuar el Análisis mecánico y determinar los límites líquido y plástico del agregado.

La clasificación de un suelo en un determinado grupo, se basa en su grado de plasticidad y el porcentaje de material fino que pasa el tamiz N° 200. Estos índices se pueden determinar o mediante la forma empírica o mediante gráficos.

$$I G = 0.20 + 0.005 ac + 0.01 bd.$$

Donde:

% material que pasa el tamiz N° 200, menos 35.

Si el % > 75, solo se anotará 75, y % < 35, se anotará 0.

% material que pasa el tamiz N° 200, menos 15.

Si el % > 55, solo se anotará 55, y si es < 15, se anotará 0

El valor del límite líquido, menos 40.

Si el $II > 60\%$, solo se anotará 60, y < 40%, se anotará 0.

El valor del índice de plasticidad, menos 10.

Si el índice de plasticidad es mayor de 30, se anotará solo 30, y si es menor de 10, se anotará 0.

Una vez determinado el respectivo Índice de Grupo de un suelo, pueden calcularse los espesores de cimienta, firme y capa de rodamiento; teniendo de cuenta lo siguiente:

El terreno de fundación compactada a humedad óptima y densidad máxima, (> 95% densidad máxima).

Cimiento y firme bien compactada al 100% de su densidad máxima.

Los diferentes tipos de tránsito para la determinación de espesores, son los siguientes:

Tránsito ligero: Tránsito comercial (camiones y autobuses) < 50 veh/día

Tránsito mediano: Tránsito comercial (camiones y autobuses) entre 50 y 300 veh/día.

Tránsito pesado: Tránsito comercial (camiones y autobuses) > 300 veh/día.

2.3.1.6.8.3.2 Método de WYOMING

Basado este método en el C.B.R. del terreno de fundación, tomando en cuenta los siguientes factores:

Precipitación anual del lugar, tomada de las estaciones pluviométrica – vecino al lugar donde se proyecta a construir la carretera.

Situación de la Napa Freática, la profundidad a la que se encuentra el nivel de aguas subterráneas, con respecto al terreno de fundación.

Acción de los Helados, se consideran LIGERAS, si no hay hinchamientos del pavimento.

Si el hinchamiento es > 2” se considera como PERJUDICIAL.

Condiciones generales: drenajes superficial y subterráneo, para estos casos se toman como: Excelente (0), Regular (2), Adversa (6).

Tránsito, calculado para un período de 20 años.

2.3.1.6.8.3.3 Método del C.B.R.

El método CBR (California, Bearing Ratio = Relación de Soporte California) se ha generalizado y es, hoy en día, uno de los más empleados para el cálculo de pavimentos flexibles.

Se establece en él una relación entre la resistencia a la penetración de un suelo, y su capacidad de soporte como base de sustentación para pavimentos flexibles.

La mayoría de las fallas en pavimentos flexibles se producen por desplazamiento ósea falla “Al corte” de los materiales del mismo.

La resistencia al corte de un suelo puede efectuarse por ensayo de corte directo de una prueba triaxial o midiendo la resistencia a la penetración del material.

Se establece en este método una relación entre la resistencia a la penetración de un suelo, y su valor relativo (CBR en %) como base de sustentación de pavimentos flexibles. Este método es empírico, pero se basa en innumerables trabajos de investigación, por lo que se le considera como uno de los mejores métodos prácticos.

El método California o CBR, comprende:

Determinación de la densidad máxima y humedad óptima

Determinación de las propiedades expansivas del material

Determinación de la relación de soporte California o CBR

Los CBR para el diseño de pavimentos flexibles comprenden a una penetración de 0.1" y a un material compactado y saturado. Si el clima o algún otro factor alejan la posibilidad de que el T.F. se sature, el CBR puede efectuarse para un estado de humedad distinto al de saturación.

En general el CBR deberá verificarse para las condiciones de humedad y densidad que prevalecerán en la obra a construirse.

El CBR está dado por:

$$C.B.R. = \frac{\text{Presión unitaria del ensayo}}{\text{Presión unitaria patrón}} \times 100 (\%)$$

Los valores de la carga unitaria que habrá de utilizarse en la realización del ensayo están establecidas por la Norma ASTM D 1883 y entre ellas tenemos:

Tabla N° 06: Valores de carga unitaria ASTM D

PENETRACION		PRESION UNITARIA PATRON	
mm	pulg	MPa	psi
2.5	0.10	6.9	1.000
5.0	0.20	10.3	1.500
7.5	0.30	13.0	1.900
10.0	0.40	16.0	2.300
2.7	0.50	18.0	2.600

Estos valores no son los únicos, la Norma establece una serie de penetraciones a fin de determinar con mayor precisión la curva en caso de que las lecturas de las cargas tengan como máquinas de presión a las que se operan manualmente. Las muestras de CBR son preparadas de igual manera que en la Prueba de Próctor, sirviendo sus

valores óptimos (MDS y OCH) los que controlarán el estado de las muestras a ensayarse. Una vez moldeadas se sumergen en agua con una sobrecarga adicional que se asemeje al pavimento que va a soportar el terreno. Es así que el CBR obtenido corresponderá al estado más crítico del suelo: Bajo saturación y soportado las capas del pavimento.

Estas muestras son sometidas a un ensayo de penetración que se lleva a cabo en una máquina de compresión utilizando una tasa de deformación del 1.27 mm/min. Se toman las lecturas de carga contra penetración a cada 0.5 mm hasta obtener una penetración total de 12.7 mm. Con estos valores se procede a graficar las curvas esfuerzo-deformación y a partir de allí calcular el CBR correspondiente. El valor del CBR se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos principalmente con fines de utilización con base y terreno de fundación bajo pavimentos de carreteras y aeropistas. La experiencia nacional e internacional en la construcción de pavimentos ha dado como una orientación al diseño la siguiente tabla típica de CBR.

Tabla N° 07: VALORES CBR ASOCIADOS A TIPOS DE SUELOS

No CBR	Clasificación General	Usos	SISTEMA D E CLASIFICACION	
			Unificado	AASHTO
0-3	Muy pobre	Fundación	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3-7	Pobre a regular	Fundación	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
7-20	Regular	Sub-base	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7
20-50	Bueno	Base, sub-base	GM, GC, SW, SM, SP, GP	A1b, A2-5, A3, A2-6
>50	Excelente	Base	GW, GM	A1a, A2-4, A3

FUENTE: FIC – UNI Departamento de construcción – Ensayo razón de soporte de California (C.B.R.) LIMA 99

**Tabla N° 08: Especificaciones para la prueba de Razón de Soporte California
(C.B.R.) A.S.T.M.- D 1883**

DIMENSIONES DEL MOLDE D EL ENSAYO	
MOLDE PROPIAMENTE DICHO	6" (15.2 cm) de diámetro y 7" (17.78 cm) de altura.
EXTENSIÓN DESMONTAJE	6" (15.2 cm) de diámetro y 2" (5.08 cm) de altura.
DISCO ESPACIADOR	5 15/16" (15.08 cm) de diámetro y 2.5" (6.3 cm) de altura.
PISION	
Similares dimensiones de la Prueba de Proctor	
ANILLOS DE SOBRECARGA	
DIMENSIONES Y PESO	Diámetro ligeramente inferior al molde con peso de 2.27 ± 0.02 kg cada uno.
PISTON DE PENTRACION	
DIÁMETRO Y AREA	1.92" (4.9 cm) de diámetro y aprox. 19.4 cm ² de área
LONGITUD	4" (10 cm)
APARATO DE MEDICION DE EXPANSION	
Especificaciones	Vástago ajustable y placa perforada, así como un trípode y micrómetro con aproximación al 0.0025 cm (0.001")

FUENTE: FIC – UNI Departamento de construcción – Ensayo razón de soporte de California (C.B.R.) LIMA 99.

Tabla N° 09: Métodos de la Norma A.A.S.H.O. T – 180 Aplicables a la compactación para C.B.R.

	METODO B	METODO D
- Material	Pasa tamiz N° 4	Pasa tamiz 3/4"
- Molde usado	6"	6"
- N° de capas	5	5
- N° de golpes por capa	56	56
- Volumen del molde sin collar	1/13.33 pie ³	1/13.33 pie ³
- Energía de compactación en libras-pie por cada pie ³	55.986	55.986

FUENTE: FIC - UNI, Departamento de Construcciones, Ensayo Razón de Soporte de California (C.B.R) Lima 99.

Se usaron los mismos moldes de los métodos B y D para el compactado a 25 y 10 golpes en este ensayo de C.B.R.

2.3.2 MARCO CONCEPTUAL: TERMINOLOGÍA BÁSICA.

2.3.2.1 PAVIMENTO

Se define al pavimento como la estructura que descansa sobre el terreno de fundación conformado por capas de espesores y calidades diferentes de acuerdo al diseño del proyecto y construido para soportar cargas estáticas y móviles por un tiempo determinado.

2.3.2.2 PAVIMENTO RÍGIDO

Aquel pavimento en la cual la capa de rodamiento está formada por concreto de cemento Portland con o sin armadura de fierro. En algunos casos, estos pavimentos podrán llevar una carpeta de desgaste formada por una mezcla bituminosa. (mixto).

2.3.2.3 PAVIMENTO FLEXIBLE

Aquel pavimento en que la capa de rodamiento tiene una base semirrígida, sobre la cual se ha construido una capa de rodamiento formada por una mezcla bituminosa de alquitrán o asfalto.

2.3.2.4 TERRENO DE FUNDACIÓN

Sirve de fundación del pavimento después de terminado el movimiento de Tierra y una vez compactado tiene las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos de diseño.

2.3.2.5 SUPERFICIE SUBRASANTE

Corresponde al terreno de fundación, cota final.

2.3.2.6 SUB BASE

Capa de material seleccionado que se coloca sobre la subrasante

2.3.2.7 BASE.

Capa de material pétreo, mezcla de suelo, cemento, mezcla bituminosa o piedra tratada que se coloca sobre la sub-base.

2.3.2.8 CAPA DE RODAMIENTO

Capa que se coloca sobre la base y está formada por una mezcla bituminosa.

2.3.2.9 CARPETA DE DESGASTE O SELLO

Está formado por una aplicación bituminosa de asfalto, su objetivo es sellar la superficie pavimentada; impermeabilizándola, a fin de evitar la infiltración de las aguas de lluvia, además protege la capa de rodamiento contra la acción abrasiva de las ruedas de los vehículos.

2.3.2.10 SUPERFICIE RASANTE

La que soporta el tránsito de los vehículos motorizados.

2.3.2.11 C.3 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Se llama también análisis mecánico, y consiste en la determinación de los porcentajes de piedra, grava, arena, limo y arcilla que hay en una cierta masa de suelo.

2.3.2.12 PESO ESPECÍFICO

El peso específico, o gravedad específica, de un suelo, es la relación entre el peso, al aire, de sus partículas minerales y el peso, al aire, del agua destilada, considerando un mismo volumen y una misma temperatura.

2.3.2.13 ASFALTOS

Los Asfaltos son materiales aglomerantes y aglutinantes de color oscuro, constituido por mezcla completa de hidrocarburos no volátiles de elevado peso molecular.

2.3.2.14 BITUMEN

Mezcla de hidrocarburos obtenidos en estado natural o por diferentes procesos físico – químicos, con sus derivados de consistencia variable y con poder aglutinante e impermeabilizante, siendo soluble en Bisulfuro de Carbono C25.m El elemento aglutinante activo que constituye el asfalto se llama bitumen

2.3.2.15 ASFALTOS DE PETRÓLEO

Producidos por el refino del petróleo en unidades de destilación primaria y de vacío. El producto obtenido del fondo de la destilación primaria (RUP O crudo reducido) es destilado a 1 psi de presión de vacío y alta temperatura (700 °F).

2.3.2.16 IMPRIMACIÓN

Es un riego de asfalto diluido que se coloca sobre la superficie de la base a fin de impermeabilizarla

2.3.2.17 RIEGO DE LIGA

Es la imprimación sobre un pavimento asfáltico antiguo. En este caso se usa el RC, porque ya no se necesita tanta penetración. Puede ser un RC – 1,2 ó 3, en alquitranes RT-6,7 ó 8, en emulsiones RS – 1. Proporción ½ lit/m².

2.3.2.18 RIEGO DE SELLO

Es la que se aplica sobre la carpeta terminada se da un riego de producto asfáltico que cubre un riego de material predeterminado, compactado por medio de dos pasadas de un compactadora de rodillo liso de 4.5 a 7.0 ton y posteriormente se compacta las veces que sea necesaria.

2.3.2.19 MEZCLAS ASFÁLTICAS

Elaborados “en planta” y se aplican “EN FRÍO” o en “CALIENTE”. Dan origen a las llamadas carpetas asfálticas; pueden usarse algunos asfaltos líquido, pero preferentemente se emplean cementos asfálticos cuya penetración está comprendida entre 85 y 200.

2.3.2.20 DISEÑO DE MEZCLAS

Es una mezcla asfáltica en caliente de pavimentación, el asfalto y el agregado son combinados en proporción exactas. La proporción relativa de estos materiales determinan las propiedades físicas de la mezcla y eventualmente el desempeño de la misma como pavimento terminado.

2.3.2.21 FILLER

Es un agregado fino que viene a ser un “rellenador mineral” que es lo que falta al árido para cerrar su granulometría. También se utiliza el polvo mineral.

2.3.2.22 CONTENIDO DE ASFALTO

La proporción de asfalto en las mezclas es importante y debe ser determinada exactamente en el laboratorio y luego controlada con precisión en la obra. El contenido óptimo del asfalto en una mezcla depende de granulometría y capacidad de absorción.

2.4 PROPUESTA

En razón de lo anteriormente planteado, nos permitimos formular la siguiente Propuesta:

“La adecuada combinación de la teoría y la practica en el manejo de la metodología de diseño de pavimentos flexibles nos permitirá obtener un diseño de pavimento para el tramo en estudio en óptimas condiciones de admisibilidad técnica, económicamente rentable y estructuralmente satisfactorio”.

El presente informe de Ingeniería se plantea como una propuesta técnica, mediante el cual se presenta una alternativa que permitirá que la necesidad actual de la población comprendida en este tramo, se vea favorecida con la puesta en marcha de un proyecto que permita el desarrollo local, tanto en el aspecto social, económico y turístico.

De contar con tramos de carretera que estén acorde a los cambios y adelantos actuales, esto hace que consideren diferentes alternativas, siendo una de las cuales la que se propone en este informe, la misma que permitirá acortar distancias e incrementar su vida útil, siempre y cuando se tengan en cuenta los procesos constructivos y de diseño que se plantean. Proyecto este que al implementarse, servirá como medio para un tránsito, seguro y económico.

Teniendo en consideración también que la puesta en marcha de un proyecto integral favorecerá gradualmente a la región. En el tramo Tarapoto-Juanjui; para los cuales existen varias formas y tipos de materiales con que pavimentar una carretera; de allí mi iniciativa de realizar este informe, con el fin de dar a conocer de manera explícita y resumida la aplicación del método materia del presente.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

Los materiales utilizados en la elaboración del presente informe fueron datos proporcionados por el MTC, Municipalidad Distrital Banda de Shilcayo y la Empresa Contratista de la Rehabilitación de la Carretera Tarapoto – Rioja en el Primer Tramo (Impregilo S.p.A).

3.1.1 Recursos Humanos

Graduando

Asesor

Digitadora

3.1.2 Materiales y/o equipos de campo

Wincha de 50 mts.

Jalones

Estacas de madera

Machetes

Cavador

Tela roja

Baldes o bandejas

Sacos de polietileno

Clavos

Libreta de Campo

Transporte material (camioneta)

3.1.3 Materiales y/o equipos de gabinete

Computadora con equipo completo

01 calculadora FX 800p – CASIO

Escalímetro

Texto de consulta

Laboratorio de suelos

Papel Bond A4

01 Tablero de Dibujo

3.2 Métodos

La Metodología que se utilizó para la elaboración del presente informe de ingeniería fue la siguiente:

3.2.1 Trabajos de campo 200.48.225

En esta etapa se desarrolló las siguientes actividades:

Se inició con el reconocimiento y recorrido de la zona de estudio, analizando desde el primer momento el tipo de suelo con que cuenta el tramo, teniendo muy en consideración los estratos o capas; es así que se definieron los puntos críticos para la recolección de muestras.

Proseguimos a efectuar las calicatas en las zonas que creímos conveniente explicar, ya que los estratos se repetían en tramos largos.

Con picos, caladores y palos se recolectaron las muestras necesarias por capas hasta una profundidad de 1.50 m.

3.2.2 Recopilación de Información

Para agenciarnos de información y desarrollar el presente proyecto de ingeniería se procedió de la siguiente manera:

En el desarrollo del sustento y/o marco teórico, se utilizó bibliografía de la biblioteca especializada de la FIC-UNSM y del Curso de Pavimentos que correspondió al ciclo de Actualización Académica 2000-II/FIC.

Teniendo como base la información obtenida anteriormente recurrimos a algunas instituciones y/o registros que tienen como jurisdicción esta zona:

Oficina de Catastro de la Municipalidad Distrital de la Banda de Shilcayo.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (Provías Nacional)

Técnicos de suelos, alumnos de la UNSM que desarrollaron algunos estudios en la zona de estudio.

3.2.3 Trabajos de Gabinete

El trabajo en gabinete consistió en realizar los cálculos con los resultados obtenidos de las muestras de los ensayos realizados en el laboratorio

Seguidamente se prosiguió a analizar datos que nos sirvieron para el diseño del espesor de pavimentos en nuestro tramo. El método usado es el método de C.B.R.

3.2.4 Procedimiento de Diseño

3.2.4.1 DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA

El presente tiene por objetivo presentar los estudios y resultados de los ensayos de los materiales que serán utilizados para el diseño de la mezcla asfáltica, elaborada de acuerdo a las especificaciones técnicas del Proyecto y a las especificaciones técnicas generales para construcción de pavimentos flexibles del Ministerio de Transportes. Las mezclas asfálticas que se especifican en este informe corresponden al tipo de mezcla asfáltica normal (MAC).

3.2.4.1.1 ESPECIFICACIONES DE LOS COMPONENTES

Los materiales a utilizar serán los que se especifican a continuación:

Agregados Minerales Gruesos

Los agregados gruesos deben cumplir con los siguientes requerimientos:

Tabla N° 10: Requerimientos de calidad de los Agregados gruesos

Ensayos	Norma	Requerimiento
Durabilidad (Al sulfato de sodio)	MTC E – 209	12% máx.
Durabilidad (Al sulfato de magnesio)		18% máx.
Abrasión	MTC E – 207	40% máx.
Índice de Durabilidad	MTC E – 214	35% mín.
Partículas Chatas y Alargadas	MTC E – 221	10% máx.
Caras Fracturadas	MTC E – 210	65 / 40
Sales Solubles Totales	MTC E – 219	0.5% máx.
Absorción	MTC E – 206	1.0%
Adherencia	MTC E – 519	+95

Nota: La notación **65 / 40** indica que el 65% del agregado grueso tiene una cara fracturada y que el 40% tiene dos caras fracturadas.

Agregados Minerales Finos

Los agregados finos deben cumplir con los siguientes requerimientos

Tabla N° 11: Requerimientos de calidad de los Agregados finos:

Ensayos	Norma	Requerimiento
Equivalente de Arena	MTC E – 209	45% mín.
Angularidad del Agregado Fino	MTC E – 222	30% mín.
Adhesividad (Riedel Weber)	MTC E – 220	4% mín.
Índice de Plasticidad (Malla N° 40)	MTC E – 111	N.P.
Índice de Durabilidad	MTC E – 214	35% mín.
Índice de Plasticidad (Malla N° 200)	MTC E – 111	Máx. 4
Sales Solubles Totales	MTC E – 219	0.5% máx.
Absorción	MTC E – 205	Según diseño

Además de los requisitos de calidad que debe tener el agregado grueso y fino, el material de la mezcla de los agregados debe estar libre de terrones de arcilla y se aceptará como máximo el uno por ciento (1 %) de partículas deleznales según ensayo MTC E – 212. Tampoco deberá contener materia orgánica y otros materiales deletéreos.

Gradación de la Mezcla Asfáltica (MAC)

La gradación de la mezcla asfáltica normal (MAC) deberá responder a alguno de los siguientes husos granulométricos:

Tabla N° 12: Requisitos granulométricos de la mezcla asfáltica

Tamiz	Porcentaje que Pasa		
	MAC - 1	MAC - 2	MAC - 3
25.00 mm (1")	100	-	-
19.00 mm (3/4")	80 – 100	100	-
12.50 mm (1/2")	67 – 85	80 – 100	-
9.50 mm (3/8")	60 – 77	70 – 88	100
4.75 mm (N° 4)	43 – 54	51 – 68	65 – 87
2.00 mm (N° 10)	29 – 45	38 – 52	43 – 61
0.425 mm (N° 40)	14 – 25	17 – 28	16 – 29
0.180 mm (N° 80)	8 – 17	8 – 17	9 - 19
0.075 mm (N° 200)	4 - 8	4 - 8	5 - 10

Filler o Polvo Mineral

El filler o relleno de origen mineral, que sea necesario emplear como relleno de vacíos, para corrección granulométrica, deberá ser no plástico y atender la necesidad granulométrica. Si es necesario utilizar filler como espesante de asfalto o como mejorador de adherencia al par agregado – asfalto, podrá ser de preferencia cal hidratada o cemento Portland, que deberá cumplir la norma AASHTO M – 303.

Se podrá utilizarse polvo calcáreo de trituración de rocas. En este caso, se deberá cumplir la granulometría propuesta en la siguiente tabla:

Tabla N° 13: Requisitos granulométricos del Filler

Malla	% Retenido (En peso)
Residuo Máximo en la Malla de 600 um (N° 30)	3%
Residuo Máximo en la Malla de 75 um (N° 200)	20%

La cantidad a utilizar se definirá en la fase de diseño de mezcla según el Método Marshall.

Cemento Asfáltico

El cemento asfáltico a emplearse en los riegos de liga y en las mezclas asfálticas elaboradas en caliente será clasificado por viscosidad absoluta y por penetración. Su empleo será según las características climáticas de la Región, la correspondiente carta de viscosidad del cemento asfáltico y tal como lo indica la siguiente tabla:

Tabla N° 14: Tipo de Cemento Asfáltico Clasificado según Penetración

Temperatura Media Anual			
24°C o más	24°C – 15°C	15°C – 5°C	Menos de 5°C
40 – 50 ó 60 – 70 ó Modificado	60 - 70	85 – 100 120 - 150	Asfalto Modificado

Tabla N° 15: Especificaciones del Cemento Asfáltico Clasificado por Penetración

Características	Ensayo	Grado de Penetración							
		40 - 50		60 - 70		85 - 100		120 – 150	
		Mín .	Má x.	Mín .	Má x.	Mín .	Má x.	Mín .	Máx.
Penetración 25°C, 100g, 5s, 0.1 mm	MTC E - 304	40	50	60	70	85	100	120	150
Punto de Inflamación COC, °C	MTC E – 312	232	-	232	-	232	-	218	-
Ductilidad, 25°C, 5 cm/min, cm	MTC E – 306	100	-	100	-	100	-	100	-
Solubilidad en Tricloroetileno, % masa	MTC E – 302	99	-	99	-	99	-	99	-
Susceptibilidad Térmica	MTC E – 316								
Ensayo de Película Delgada en Horno, 3.2 min, 163°C, 5 hrs <ul style="list-style-type: none"> Pérdida de masa, % Penetración del Residuo, % de la Penetración Original Ductilidad del Residuo, 25°C, 5 cm/min, cm 		-	0.8	-	0.8	-	1	-	1.5
	MTC E - 304	55	-	52	-	47	-	42	-
	MTC E – 306	-	-	50	-	75	-	100	-
Índice de Susceptibilidad Térmica		-1	1	-1	1	-1	1	-1	1
Ensayo de la Mancha con Solvente Heptano – Xileno 20% (Opcional)	MTC E - 314	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	

Tabla N° 16: Especificaciones del Cemento Asfáltico Clasificado por Viscosidad

Características	Ensayo	Grado de Viscosidad			
		AC - 5	AC - 10	AC - 20	AC - 40
Viscosidad Absoluta 60°C, Pa.s (Poises)	MTC E – 308	50±5 (500±100)	100±20 (1000±200)	200±40 (2000±400)	400±80 (4000±800)
Viscosidad Cinemática, 135°C min 2 / s, mínimo	MTC E – 301	100	150	210	300
Penetración 25°C, 100 g, 5s mínimo	MTC E – 304	120	70	40	20
Punto de Inflamación COC, °C	MTC E – 303	177	219	232	232
Solubilidad en Tricloroedileno % masa, mínimo	MTC E – 302	99	99	99	99
Susceptibilidad Térmica Ensayo de Película Delgada en Horno <ul style="list-style-type: none"> Viscosidad Absoluta, 60°C, Pa.s (Poises) Máximo Ductilidad, 25°C, 5 cm/min, cm Mínimo 	MTC E – 316 MTC E – 304 MTC E – 306	 200 -2000 100	 400 -4000 50	 800 -8000 20	 1600 -16000 10
Ensayo de la Mancha con Solvente Heptano - Xileno	MTC E - 314	Negati vo	Negativ o	Negativ o	Negativo

3.2.4.1.2 ESPECIFICACIONES DE LA MEZCLA ASFALTICA

Las características de calidad de la mezcla asfáltica deberán estar de acuerdo con las exigencias para mezclas de concreto bituminoso que se indican en las siguientes tablas:

Tabla N° 17: Requisitos para Mezcla de Concreto Bituminoso

Parámetros de Diseño	Mezcla Clase A
Marshall (MTC E – 504) 1. Estabilidad (mín.) 2. Flujo (mm) 3. Porcentaje de Vacíos con Aire (MTC E – 505) 4. Vacíos en el Agregado Mineral 5. Compactación, Número de Golpes en Cada Cara del Testigo	8 kN (815 kg) 2 – 4 3 – 5 Mín. 14 75
Inmersión – Compresión (MTC E – 518) 1. Resistencia a la Compresión Mpa mín. 2. Resistencia Retenida % (mín)	2.1 70
Resistencia Conservada en la Prueba de Tracción Indirecta (MTC E – 521)	70
Relación Polvo – Asfalto	0.6 – 1.6
Relación Estabilidad / Flujo	1700 - 4000

El índice de compactibilidad mínimo será 5.

El índice de compactibilidad se define como:

$$\frac{1}{\text{GEB 50 y GEB 5}}$$

Siendo:

GEB 50: Gravedad específica de las briquetas a 50 golpes.

GEB 5: Gravedad específica de las briquetas a 5 golpes.

Tolerancias:

Las tolerancias admitidas en las mezclas son absolutamente para la fórmula de trabajo, estarán dentro del huso de especificación y serán las siguientes:

Tabla N° 18: Tolerancias Admitidas para la Mezcla

Parámetros de Control	Variación Permisible (% en Peso Total de Áridos)
N° 4 o mayor	± 5%
N° 8	± 4%
N° 30	± 3%
N° 200	± 2%
Asfalto	± 0.3%

IV. RESULTADOS

4.1 RESULTADOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO

Cuadro N° 01: Parámetros del suelo obtenidos en Laboratorio

SUB RASANTE NATURAL	Calicata # 01 Capa # 01	Calicata # 01 Capa # 02	Calicata # 01 Capa # 03	UNIDADES
C.B.R. al 100% de compactación	-	41.60	-	%
C.B.R. al 95% de compactación	-	29.00	-	
Próctor modificado				
Máxima Densidad	-	2.09	-	grs./cm3
Humedad Óptima %	-	6.30	-	%
% de Humedad Natural	7.69	7.23	10.47	%
Gravedad Específica	2.49	2.48	2.42	grs/cm3
Peso Unitario	1,402	1,311	1,220	Kg../cm3
Límites de Consistencias				
Límite Líquido	0.00	0.00	25.00	%
Límite Plástico	0.00	0.00	15.76	%
Índice de Plasticidad	0.00	0.00	9.24	%
Granulometría				
% pasa la malla N° 4	54.57	100.00	100.00	%
% pasa la malla N° 10	51.43	98.80	100.00	%
% pasa la malla N° 40	37.00	83.80	93.00	%
% pasa la malla N° 200	11.71	26.80	58.00	%
Sistema Clasificación AASHTO				
Sistema de clasificación SUCCS				
Profundidad	0.00 – 0.40	0.40 – 1.10	1.10 – 1.50	m

FUENTE: Elaboración propia

Cuadro N° 02: Parámetros del suelo obtenidos en Laboratorio

SUB RASANTE NATURAL	Calicata # 02 Capa # 01	Calicata # 02 Capa # 02	Calicata # 02 Capa # 03	UNIDADES
<u>C.B.R. al 100% de compactación</u>	-	23.41	-	%
<u>C.B.R. al 95% de compactación</u>	-	18.00	-	
<u>Próctor modificado</u>				
<u>Máxima Densidad</u>	-	2.04	-	grs./cm3
<u>Humedad Óptima %</u>	-	9.40	-	%
<u>% de Humedad Natural</u>	6.18	8.60	12.51	%
<u>Gravedad Especifica</u>	2.49	2.44	2.44	grs./cm3
<u>Peso Unitario</u>	1,402	1,217	1,221	Kg../cm3
<u>Límites de Consistencias</u>				
<u>Límite Líquido</u>	0.00	20.51	28.00	%
<u>Límite Plástico</u>	0.00	17.14	19.24	%
<u>Índice de Plasticidad</u>	0.00	3.37	8.76	%
<u>Granulometría</u>				
<u>% pasa la malla N° 4</u>	52.80	100.00	100.00	%
<u>% pasa la malla N° 10</u>	48.93	99.00	100.00	%
<u>% pasa la malla N° 40</u>	35.47	93.20	95.40	%
<u>% pasa la malla N° 200</u>	11.87	44.60	63.00	%
<u>Sistema Clasificación AASHTO</u>				
<u>Sistema de clasificación SUCCS</u>				
<u>Profundidad</u>	0.00 – 0.30	0.30 – 1.00	1.00 – 1.50	m

FUENTE: Elaboración propia

Cuadro N° 03: Parámetros del suelo obtenidos en Laboratorio

SUB RASANTE NATURAL	Calicata # 03 Capa # 01	Calicata # 03 Capa # 02	Calicata # 03 Capa # 03	UNIDADES
C.B.R. al 100% de compactación	-	17.91	-	%
C.B.R. al 95% de compactación	-	12.00	-	
Próctor modificado				
Máxima Densidad	-	2.00	-	grs./cm3
Humedad Óptima %	-	9.80	-	%
% de Humedad Natural	7.95	10.47	25.54	%
Gravedad Específica	2.49	2.42	2.43	grs./cm3
Peso Unitario	1,405	1,220	1,200	Kg../cm3
Límites de Consistencias				
Límite Líquido	0.00	25.00	32.00	%
Límite Plástico	0.00	15.76	20.34	%
Índice de Plasticidad	0.00	9.24	11.66	%
Granulometría				
% pasa la malla N° 4	54.13	100.00	100.00	%
% pasa la malla N° 10	51.63	100.00	99.60	%
% pasa la malla N° 40	39.00	91.33	95.00	%
% pasa la malla N° 200	11.63	58.00	77.00	%
Sistema Clasificación AASHTO	A1-b(0)	A-4(3)	A-6(8)	
Sistema de clasificación SUCCS	GP-GM	CL	CL	
Profundidad	0.00 – 0.30	0.30 – 1.10	1.10 – 1.50	m

FUENTE: Elaboración Propia.

4.2 ESTUDIOS DE CANTERAS Y FUENTES DE AGUA

4.2.1 DESCRIPCIÓN DE CANTERAS

Se trata de un depósito fluvial sobre el Río Huallaga

Ubicación: De la Localidad de Tarapoto a 30 km. hasta llegar al lugar de la cantera puerto López.

Acceso: Carretera asfaltada hasta el cruce entrada a la localidad de sauce, luego se entra 2 km carretera afirmada hasta el río Huallaga (Puerto López (cantera).

Potencia : 65,000 m3

Piedra >2" : 80%

Propietario : Propiedad privada

Uso : Material para la capa de rodadura y concreto chancada la grava y arena triturada.

Tipo de material : Hormigón.

Se trata de un depósito fluvial sobre el Río Cumbaza

Ubicación: De la Localidad de Tarapoto a 13 km. hasta llegar a la localidad de 03 de Octubre, de ahí entrando para la derecha 0.50 km. hasta la cantera que esta en este sector

Acceso: Carretera asfaltada hasta la localidad de 03 de Octubre y afirmada hasta llegar a la cantera que esta en este sector, el recorrido ver en plano de cantera.

Carretera asfaltada hasta la localidad de Juan Guerra y afirmada hasta llegar a la cantera que esta en este sector, el recorrido ver en plano de cantera.

Potencia : 28,000 m³

Propietario : Propiedad privada

Uso: Hormigón zarandeado para sub base como segunda propuesta y relleno, Arena natural zarandeada para concreto, asfalto.

Tipo de material : Hormigón y arena.

Se trata de un depósito de cerro a la altura del Km. 4+000 de la carretera a San Pedro de Cumbaza

Ubicación : Del Distrito de Tarapoto a 5+500 Km.

Potencia : 28,000 m³

Propietario : Propiedad privada

Uso : Material para mezcla con material de Cumbaza como segunda propuesta y material puro para mejoramiento

Tipo de material : Mezcla de roca disgregable + arcilla + limo

Se trata de un depósito fluvial

Ubicación : De la Localidad de Cacatachi a 25 km. por carretera asfaltada se llega a la Localidad de Maceda y de ahí 1 km. por carretera afirmada hasta llegar a la

Chancadora Maceda.

Potencia : 23,000 m3

Propietario : Privada

Uso: Material para la capa de rodadura chancada grava, gravilla, arena triturada (Carpeta Asfáltica) – Grava canto rodado para concreto – Hormigón zarandeado para mejoramiento

Tipo de material : Conglomerado (Hormigón natural)

4.2.2 FUENTES DE AGUA

Según las fuentes de información y de estudios anteriormente realizados, el agua para el mezclado de los materiales de las capas de relleno, sub rasante natural, sub base, base chancada y concreto, será del Río Cumbaza.

CANTERAS (MATERIAL DE MEJORAMIENTO)	Hormigón Chancado Cantera Río Huallaga - Sector Shapaja, Pto. López y Loc. Buenos Aires Km. 661.	Cant. Río Cumbaza (Hormigón 75%) + Cant. Km. 4+000 a San Pedro (Roca Disgregabl e 25%)	Hormigón Canto Rodado Cantera Río Mayo - Sector Maceda y/o Pte. Bolivia	UNIDADES
C.B.R. al 100% de compactación	99.82	70.73	86.74	%
C.B.R. al 95% de compactación	81.40	43.00	42.60	%
Próctor modificado				
Máxima Densidad	2.21	2.13	2.180	grs./cm3
Humedad Óptima %	7.50	6.40	7.05	%
% de Humedad Natural				%
Peso Específico	2.66	2.57	2.62	grs./cm3
Límites de Consistencias				
Límite Líquido	18.84	21.18	20.17	%
Límite Plástico	15.94	15.38	16.79	%
Índice de Plasticidad	2.90	5.80	3.38	%
Granulometría				
% pasa la malla N° 4	53.11	54.77	53.20	%
% pasa la malla N° 10	41.67	40.99	41.65	%
% pasa la malla N° 40	26.81	32.06	26.84	%
% pasa la malla N° 200	8.87	20.56	14.08	%
Sistema Clasificación AASHTO				
Sistema de clasificación SUCCS				

4.3 DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA

4.3.2 DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE (PARA TRANSITO MEDIANO - PESADO)

**Tramo:
Banda de
Shilcayo - Las
Palmas**

Proyecto : Paviment
o Flexible
con
Carpeta
Asfáltica
Sector:
Tramo:
Banda de
Shilcayo -
Las
Localización : Palmas /
Dist.:
Banda de
Shilcayo /
Prov.:
San

Martín /
 Reg.: San
 Martín
 Julio
Fecha : del
 2,001

Datos de
Diseño

Tipo de : Mediano
Tránsito : - Pesado
Índice
Medio : 300
Diario : Vehiculos
Vehiculos : 90.00
Livianos : %
Vehiculos : 10.00
Pesados : %

Veh. Ligeros hasta 4000 lbs/eje	= 150 Vehiculos	} 90.00 % (Vehiculos Livianos)
Veh. Ligeros > 4000 lbs/eje	= 120 Vehiculos	

pero <
 8000
 lsb/eje

Vehiculos	= 20	} 10.00 % (Vehiculos Pesados)
Tipo C-2	= Vehiculos	
Vehiculos	= 10	
Tipo C-3	= Vehiculos	

Clasificación
Funcional : Local

Número de Carriles	:	01 carril		
Periodo de Diseño "Pd"	:	20 años		
Tasa de Crecimiento de Anual de Tránsito	:	2.0 %		
Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi)	:	Pi = 4.0		
Índice de Serviciabilidad Final (Pf)	:	Pf = 2.0		
C.B.R. Sub Rasante Natural	:	12.00 %	(C.B.R. Como Mínimo al 95% de Compactación)	
C.B.R. Sub Base	:	70.73 %	(C.B.R. al 100% de Compactación)	
C.B.R. Base	:	99.82 %	(C.B.R. al 100% de Compactación)	62.3
Temperatura Media de la Zona	:	26.0 ° C		
Calidad de Drenaje	:	Excelente		68.67

Procedimiento de Cálculo

1. **Cáculo del Factor de Crecimiento** : Factor de $= (1 + r)^n - 1$

Crecimiento

r

Factor de
Crecimiento

24.3

2. Determinación
del Número de
Ejes
Equivalentes
en el Carril de
Diseño para el
Período de
Diseño :

Tipo de Vehículo	Nº veh./día (02 sent.)	Nº veh./día (01 sent.)	Nº veh./año	F.C.	ESAL en carril de diseño	Factor de Crecimiento	ESALdiseño	
Veh. Ligeros hasta 4000 lbs.	150.00	75.00	27,375.00	0.002		54.80	24.3	1332.00
Veh. Ligeros entre > 4000 lbs. hasta 8000 lbs.	120.00	60.00	21,900.00		0.030	657.00	24.3	15965.00
Vehiculos Tipo C-2	20.00	10.00	3,650.00		3.560	12,994.00	24.3	315754.00

Vehiculos Tipo C-3	10.00	5.00	1,825.00	2.530	4,617.30	24.3	112200.00
Total	300.00	150.00	54,750.00	6.12	18,323.10		445,251.00

3. Tránsito en el Carril de Diseño (W_{18}) :

$$W_{18} = D_D \times D_L \times W_o$$

Se considera para :

$$D_D = 1.00 \quad \text{(Factor de Distribución Direccional)}$$

$$D_L = 1.00 \quad \text{(Factor de Distribución por Carril)}$$

Entonces : $W_{18} = 445,251.00$

$$W_{18} = 4.45E+05$$

4. Calidad "R" :

$$R = 80 \% \quad \text{(Para una via cuya funcionabilidad es local)}$$

5. Desviación Estandar Normal "Zr" :

$$Z_r = -0.841 \quad \text{(Obtenido en función de la confiabilidad)}$$

6. Perdida por Serviabilidad " ΔPSI " :

$$\Delta PSI = P_i - P_f$$

$$\Delta PSI = 2.00$$

7. Módulo Resiliente Efectivo del Suelo "Mr" :

$$M_r = 3000 \times C.B.R.^{0.65}$$

(En E_c "a")

$$Mr = 4326 \times \ln(C.B.R.) + 241 \quad \begin{matrix} \text{(En} \\ \text{psi)} \end{matrix} \quad \begin{matrix} Ec. \\ \text{"b"} \end{matrix}$$

a. Módulo resiliente de sub rasante natural

$$= \frac{15087}{\text{psi}} = \frac{15.09}{\text{ksi}}$$

b. Módulo resiliente de sub base granular

$$= \frac{18665}{\text{psi}} = \frac{18.67}{\text{ksi}}$$

c. Módulo resiliente de base

$$= \frac{20155}{\text{psi}} = \frac{20.16}{\text{ksi}}$$

8. Error Estandar "So" : $So = 0.4$ (Se recomienda valores entre 0.40 y 0.50 para pavimentos flexibles)

9. Número Estructural Requerido "SN" :

a. Número estructural requerido para Sub Rasante Natural :

$$SN = 2.20$$

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_r \cdot So + 9.36 \cdot \frac{\log_{10}}{(SN+1)} - 0.20 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.20 - 1.50} \right) + 2.32}{0. + \frac{\log_{10} (Mr)}{1094}} - 8.07$$

$$5.60 = 5.80 + \frac{5.19}{SN} + 1$$

b. Número estructural requerido para Sub Base Granular :

$$SN = 1.90$$

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_r \cdot S_o + 9.36 \cdot \frac{\log_{10}}{(SN+1)} - 0.20 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.20 - 1.50} \right) + 2.32 \cdot \frac{\log_{10}}{(Mr)} - 8.07}{0.40 + \frac{1094}{1094}}$$

$$5.60 = 5.60 + \frac{5.19}{SN} + 1$$

c. Número estructural requerido para Base Granular :

$$SN = 1.85$$

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_r \cdot S_o + 9.36 \cdot \frac{\log_{10}}{(SN+1)} - 0.20 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.20 - 1.50} \right) + 2.32 \cdot \frac{\log_{10}}{(Mr)} - 8.07}{0.40 + \frac{1094}{1094}}$$

$$5.60 = 5.60 + \frac{5.19}{SN} + 1$$

10. **Coefficientes de Drenaje Recomendado "mi" :**
- Para el proyecto se esta considerando una condición de drenaje:

Excelente

De acuerdo a esto se considera los siguientes niveles de humedad próximos a la saturación que son:

Para Sub				
a. Base Granular	:	5.0	-	25.0
		%		%
Para				
b. Base Granular	:	1.0	-	5.0
		%		%

Con estos datos referenciales de humedades próximos a la saturación, entramos a los

monogramas
respectivos
de donde se
obtendra los
coeficientes
de drenaje
recomendado.
De esta
manera se
obtuvo los
siguientes
valores:

$$\begin{array}{lcl} \text{Para} & & \text{m}^2 \\ \text{a. Base} & : & = \\ \text{Granular} & & 1.30 \\ \\ \text{Para Sub} & & \text{m}^3 \\ \text{b. Base} & : & = \\ \text{Granular} & & 1.20 \end{array}$$

11. Coefficientes de Capas :

a. Carpeta asfáltica :

Módulo de elasticidad "E" : $E = 475000 \text{ psi}$

$$\text{Coeficientes: } \frac{a_1}{1} = 0.44 \text{ pulg}^{-1}$$

b. Base Granular :

Módulo resiliente de Base Granular : 20155 psi

(C.B.R. = 100
%)

$$\text{Coeficientes: } \frac{a_2}{1} = 0.12 \text{ pulg}^{-1}$$

c. Sub Base Granular :

Módulo resiliente de SubBase Granular : 18665 psi

(C.B.R. = 71 %)

Coefficientes: $a_3 = 0.05 \text{ pulg}^{-1}$

12. Diseño de Espesores :
- Con el valor ESALdiseño entramos a tabla para encontrar los espesores mínimos recomendados:

Para un ESALdiseño de 445,251.00 tenemos :

- a. Se sabe que la carpeta asfáltica se cimentará sobre la base granular, por tanto el espesor requerido para esta será:

Espesor carpeta asfáltica (Eca) :

a	SN (Base Granular)
	a1
Eca	4.20
=	pulg.
Eca	4.20
=	pulg.

Por recomendaciones de espesores mínimos de la AASHTO se tiene que para un ESALdiseño entre 50,001 - 150,000 se considere un espesor de 2.00 pulg.

Por tanto, se tiene:

Eca 1= 3.00 pulg.

La diferencia se considera una espesor de colchón de piedra chancada (Ecpch) :

Ecpch
= 1.20 pulg.

Se sabe que la
b. base granular se

cimentará
sobre la
sub base
granular,
por tanto
el
espesor
requerido
para esta
será:

Espesor base granular (Ebg) :

$$\mathbf{Ebg} = \frac{\text{SN (Sub Base Granular)} - (a1 \times Eca)}{(a2 \times m2)}$$

$$\mathbf{Ebg} = 3.72 \text{ pulg.}$$

$$\mathbf{Ebg} = 2.80 \text{ pulg.}$$

El espesor total es :

$$\mathbf{Ebg} + \mathbf{Ecpch} = \mathbf{T}$$

$$4.00 + 0.00 = \mathbf{T}$$

$$\mathbf{T} = 4.00 \text{ pulg.}$$

- c. Se sabe que la sub base granular se cimentará sobre la sub rasante natural, por tanto el espesor

requerido
para esta
será:

Para el cálculo solo tener en cuenta el Ebg (Espesor de base granular) obtenido inicialmente:

$$\begin{array}{l} \mathbf{Ebg} \\ = \end{array} \quad 2.80 \text{ pulg.}$$

Espesor sub base granular (Esbg) :

$$\begin{array}{l} \mathbf{Esbg} = \frac{\text{SN (Sub Base Granular)} - (a1 \times Eca) - (a2 \times m2 \times Ebg)}{(a3 \times m3)} \\ \mathbf{Esbg} \quad 7.39 \\ = \text{pulg.} \\ \mathbf{Esbg} \quad 5.00 \\ = \text{pulg.} \end{array}$$

Resumen

12. Espesores a tener en consideración para un tránsito liviano - pesado :

a. Carpeta asfáltica :

$$\text{Espesor carpeta asfáltica} = 3.00 \text{ pulg.}$$

b. Base Granular :

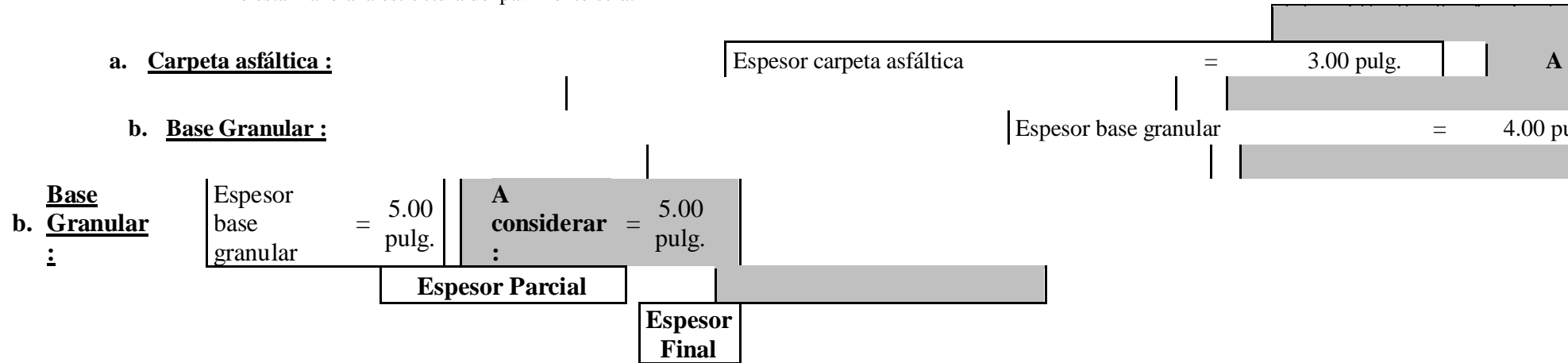
$$\text{Espesor base granular} = 4.00 \text{ pulg.}$$

c. Sub Base Granular :

$$\text{Espesor sub base granular} = 5.00 \text{ pulg.}$$

Nota: Se considera una sola capa en la estructura de sub base y base, debido a que estos tienen espesores mínimos.

De esta manera la estructura del pavimento será:



V. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El presente ha tenido por objetivo presentar los estudios y resultados de los ensayos de los materiales que han sido utilizados para el diseño de la mezcla asfáltica, elaborada de acuerdo a las especificaciones técnicas del Proyecto y a las especificaciones técnicas generales para construcción de pavimentos flexibles del Ministerio de Transportes. Las mezclas asfálticas que se especifican en este informe corresponden al tipo de mezcla asfáltica normal (MAC).

Las normas peruanas tienen parámetros de valores mínimos para ser empleados en los diseños de espesores de pavimentos, pero ello no significa, que sea respetada estrictamente, porque el proyectista tiene un criterio para que la estructura de un pavimento sea económica, segura y funcional. En efecto, las normas nos permiten trabajar con los datos de campo que se hayan obtenido con mucha meticulosidad.

Para nuestro caso, apoyada en los conocimientos de análisis de suelos se pudo obtener el C.B.R., del terreno de fundación, el cuál usado con un buen criterio permite desarrollar un espesor adecuado.

Como se hizo mención en su debido momento, existen una variedad de fórmulas para el cálculo del espesor del pavimento, quedando a criterio del diseñador optar por el más adecuado. Sin embargo, para determinar el método más adecuado hay que efectuar todos los análisis con los materiales para obtener resultados, de los cuales se elegirá el más conveniente, que se adecue a los requerimientos del proyecto.

El espesor diseñado siguiendo el criterio definido se está asumiendo en todo el tramo en estudio, ya que se está trabajando con el C.B.R. de menor % (12%), por ser este el valor crítico.

Es de indicar que para efectuar este trabajo con valores obtenidos in situ, se tomaron en consideración algunos conceptos, gráficos, ensayos y pruebas del proyecto de rehabilitación de la Carretera Tarapoto – Rioja en su Primer Tramo; por haber comprobado in situ el proceso y desarrollo de algunos ensayos,

La capa de rodadura propuesta es de 3.5 pulgadas, que se encuentra dentro del rango permitido, de una mezcla asfáltica.

La mezcla asfáltica considerada tiene como referencia los trabajos ejecutados en la carretera Fernando Belaunde Terry.

Finalmente, el estudio realizado nos permite determinar la siguiente información, que se usó de plano en el proyecto. Veamos:

Para la muestra extraída en el punto de investigación y/o de muestreo de la fase de investigación de campo, se determinaron sus propiedades físicas y mecánicas mediante la ejecución de los ensayos estándar y especiales que se indican a continuación:

ENSAYOS ESTANDAR

NORMA USADA

Contenido de Humedad Natural

NTP 339.127 ASTM D2216

Análisis Granulométrico por Tamizado

NTP 339.128 ASTM D422

Limite Líquido y Limite Plástico

NTP 339.129 ASTM D4318

Clasificación Unificada de Suelos

NTP 339.134 ASTM D2487

ENSAYOS ESPECIALES

NORMA USADA

Relaciones Humedad Densidad (Proctor)

NTP 339.141 ASTM D1557

CBR

NTP 339.142 ASTM D1883

Gravedad Específica

ASTM D854

Peso Unitario

ASTM C29

En la zona del proyecto es una zona plana topográficamente.

Existencia de materiales de préstamo calificado para el mejoramiento y capa de afirmado, así como también materiales o agregados para el concreto

Existe una capa de afirmado contaminado a ser eliminado.

No hay existencia de nivel freático de agua los que si se encontró fue filtración de agua a 1.00 m. en la zona de la calicata N° 03.

Los suelos están catalogados de regular a buena calidad con terreno de fundación (de acuerdo a la Tabla N° 05: Valores CBR Asociados a Tipos de Suelos).

Nº CBR	Clasificación General	Usos	SISTEMA DE CLASIFICACION	
			Unificado	AASHTO
0-3	Muy Pobre	Fundación	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3-7	Pobre a Regular	Fundación	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
>50	Excelente	Base	GW, GM	A1a, A2-4, A3

Los resultados de C.B.R. valor soporte en el tramo es de 12.00% (zona de calicata Nº 03) como mínimo, compactar al 95% de compactación de M.D.S.

Se establecerá una infraestructura vial que garantice el transporte vehicular en todo tiempo.

Los ensayos estándar y especiales de mecánica de suelos se elaboraron en el laboratorio VPP Construcciones Generales E.I.R.Ltda ubicado en el Jr. José Olaya Nº 135, Distrito de Morales – Provincia y Región San Martín.

La estructura del pavimento será de 5 pulgadas de material de sub base material del Río Huallaga y una capa de 4 pulgadas material de base chancada Rio Huallaga y 3 pulgadas de capa de rodadura carpeta asfáltica (Grava chancada, gravilla y arena zarandeada del Río Cumbaza). Ver detalle de la sección del pavimento en plano cuadro de capas, todo esto para un tránsito mediano - pesado.

Se realizó los ensayos especiales (Próctor Modificado y CBR) en la segunda capa de las calicatas C-01, C-02 y C-03, por ser estratos con mayor espesor.

Se considera estrato hacer estudiado siempre y cuando este supere los 0.40 m. de espesor de lo contrario no será una muestra justificable.

Se define como subrasante la superficie del terreno de fundación sobre la cual se construye el pavimento de una vía. Para estudiar el terreno de fundación, que está por debajo de la subrasante, se deberá tomar muestras hasta una profundidad, tal que los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos, reducidas a “cargar por eje” o “cargas por rueda”, sean mínimos (v.g. 0,1 kg/cm²).

Por qué se excavo 1.50 m.?: Raúl Valles Rodas habla sobre la importancia de una investigación del subsuelo.

En el caso de autopistas, carreteras o vías urbanas, la carga máxima admitida, es de 9.000 kg., por eje simple, o sea de 4.500 kg., por rueda. Esta carga da presión de contacto de 5.0 kg/cm² aproximadamente. Este esfuerzo se hace prácticamente nulo a 1.50 metros de profundidad. Por lo tanto, en líneas generales, podemos indicar que, en el caso de autopistas, carreteras y vías urbanas, la investigación del subsuelo (terreno de fundación), puede limitarse a 1.50 metros por debajo de la subrasante. La AASHO, recomienda que la investigación del subsuelo se haga a una profundidad no menor de 1.50 metros.

Se realizó los ensayos tanto de humedad natural, análisis granulométrico, límites de consistencia, peso unitario y gravedad específica de cada estrato encontrado en las calicatas a diferentes profundidades. (ver estudio de suelos)

Siendo La Región San Martín de un relieve y un clima muy variado es necesario un mayor estudio e investigación del suelo y subsuelo con la finalidad de tener una base de datos que permitan tener normas de acuerdo a nuestra zona.

El presente informe de ingeniería, se presenta como una propuesta técnica a ser tomada en consideración, mediante el cual presentamos una alternativa que permita que la necesidad actual que requiere la población comprendida en este tramo se vea favorable. La presente propuesta del diseño de espesor del pavimento no es la única, pero por lo menos cumple los objetivos de todo proyecto.

La rehabilitación de una carretera de cualquier tipo, para una localidad es sinónimo de nuevas formas de vida en los diferentes aspectos. Es por ello que basándome en este argumento presento este trabajo para que de alguna forma aporte en proyectos futuros.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

Se determinaron los principales parámetros que se requieren para efectuar el diseño del pavimento asfáltico de un pavimento, que para el caso se trata del espesor de un pavimento flexible en caliente.

Se determinó el espesor adecuado del pavimento a usar en el proyecto, el mismo que quedo determinado como sigue: la estructura del pavimento será de 5 pulgadas de material de sub base material del Río Huallaga y una capa de 4 pulgadas material de base chancada Río Huallaga y 3 pulgadas de capa de rodadura carpeta asfáltica (Grava chancada, gravilla y arena zarandeada del Río Cumbaza), para un tránsito mediano - pesado.

La información obtenida en el proyecto en estudio servirá como fuente de información para ser tomada en cuenta para efectos de diseño de pavimentos asfálticos, tanto a nivel académico como para la ejecución de proyectos en la región, rescatando básicamente la metodología de diseño, pudiendo ser contrastada con cada realidad.

6.2 RECOMENDACIONES

El Proyecto necesita realizar obras de arte (Alcantarillas, cunetas y otros).

La compactación será de la siguiente manera, 95 % de la máxima densidad seca del Próctor modificado para la sub rasante natural y mejoramiento, y el 100 % de la máxima densidad seca del Próctor modificado para la sub base granular y base chancada.

Los agregados para la rodadura será de la cantera Río Huallaga sector Shapaja - Puerto López y/o Localidad de Buenos Aires Km. 661, mientras que la grava chancada, gravilla y la arena natural será del Río Cumbaza sector Juan Guerra, distancia media 30 km.

Las canteras para las capas de sub base, rellenos, será del Hormigón Canto Rodado Cantera Río Huallaga - Sector Shapaja - Pto. López y/o Localidad de Buenos Aires Km. 661 como primera propuesta y como segunda propuesta Cantera Río Cumbaza (Hormigón 75%) + Cantera Km. 4+000 a San Pedro (Roca Disgregable 25%).

El espesor de cada capa será como máximo de 30 cm, de lo contrario según el tipo de rodillo y peso a utilizar en obra

Recomendamos con el presente informe de ingeniería que sirva como marco de referencia para realizar los estudios y algunos trabajos que se hagan a la postre.

Para realizar el diseño del pavimento de éste tramo se debe tener como referencia los estudios realizados con anterioridad.

Para el estudio del diseño del pavimento es necesario realizar el reconocimiento del tramo y hacer luego el análisis concienzudo de los ensayos de suelos ya que de esto dependerá el normal funcionamiento de la vía.

En el aspecto constructivo se debe tener mucho cuidado en la calidad de los materiales debiendo ser estos de primera calidad y cumplir con los requisitos mínimos exigidos para éste tipo de obras.

Como las carreteras están expuestas permanentemente a las inclemencias del clima y la influencia de las cargas, es necesario que se brinde un mantenimiento periódico.

Podemos recomendar también que en la pavimentación futura de los tramos, siguientes se trabaje en equipo, tanto el M.T.C., la M.P.S.M., y los distritos inmersos en la zona.

Así mismo, la facultad De Ingeniería Civil De La Universidad Nacional De San Martín-Tarapoto esta llamada asesorar, brindar técnicos y profesionales para proyectos futuros en la zona y a la vez dar servicios adecuados a través de sus laboratorios.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aquino, D del C, (2003) Informe de Ingeniería; “Diseño de Pavimento Flexible, a Nivel de Carpeta Asfáltica en Frio, para las Vías Principales de la Ciudad Universitaria – UNSM”
2. Congreso Nacional del Asfalto 3er y 4to. (1999), “Libro de Ponencias”, Lima Perú.
3. Huamán, N, (2000), “Asfaltos”, Editorial UNI, Lima Perú.
4. Huamán, N, (2000), “Pavimentos Flexibles”. Editorial UNI, Lima Perú.
5. Instituto para el Desarrollo de los Pavimentos en el Perú. (1997), “Guía AASHTO para Estructuras de Pavimentos”, Lima Perú.
6. Instituto del Asfalto de los Estados Unidos de Norteamérica (1985). “Tecnología del Asfalto y Prácticas de Construcción”, Argentina.
7. Ministerio de Transportes Comunicaciones Vivienda y Construcción. Vol. II. (1999). “Revisión y Actualización del Estudio Definitivo para la Rehabilitación de la Carretera Tarapoto – Rioja”, Lima Perú.
8. Paredes, L; (1990), “Pavimentos”, edición UNSM-T, Tarapoto Perú.
9. Sinti, D M, (2006) Informe de Ingeniería; “Diseño de Pavimento Asfáltico en Caliente para el Acceso al Mirador Turístico – Lamas”
10. Torres, L V, (2004) Informe de Ingeniería; “Rediseño del Pavimento Asfáltico del Jr. Lima: Cdra. 6 a Cdra. 16 – Tarapoto”
11. Valles, R. (1954), “Carreteras, Calles, Aeropistas”, Editorial Imprenta López – Perú 666, segunda edición, Buenos Aires Argentina.

VIII. ANEXOS